

特開平8-212512

(43)公開日 平成8年(1996)8月20日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 11 B 5/31

H 01 F 10/08

識別記号 庁内整理番号

C 9058-5D

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数20 O.L (全 21 頁)

(21)出願番号 特願平7-16666

(22)出願日 平成7年(1995)2月3日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 佐野 雅章

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 北 芳明

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 鳴海 俊一

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

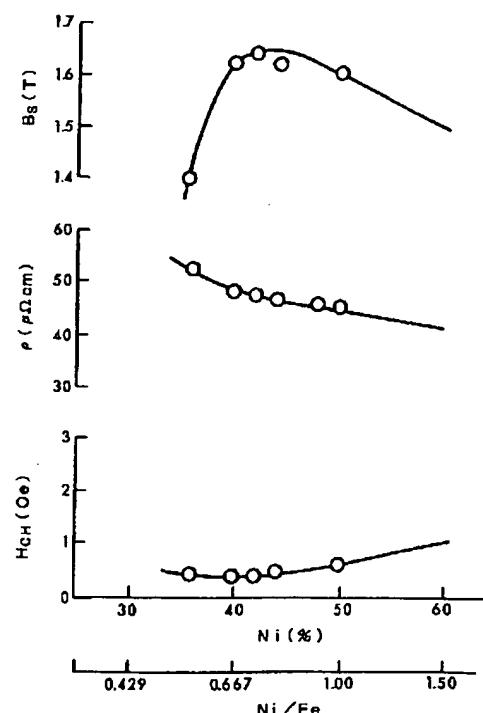
(54)【発明の名称】 磁気記憶装置及びそれに用いる薄膜磁気ヘッドとその製造方法

## (57)【要約】

【目的】本発明の目的は、記録密度の増大に伴うアクセス時間の増大、転送速度の低減を回避し、メディア転送速度15MB/s以上を確保するための磁気記憶装置に適合した高飽和磁束密度、高比抵抗を有する薄膜材料を用いた記録用薄膜磁気ヘッドとその製造方法及びそれを用いた磁気記憶装置を提供することにある。

【構成】40~60Ni-Fe及び更にこれにCo, Mo, Cr, In, Pd等を添加し、高飽和磁束密度を1.5T以上、比抵抗を40μΩcm以上を有する磁性膜をフレームめっき法により製造することにより、高周波領域でも十分記録可能な記録ヘッドとなり、メディア転送速度15MB/s以上、記録周波数4.5MHz以上、磁気ディスクを4000rpm以上で回転させる高記録密度磁気記憶装置が得られる。

図 16



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】情報を記録する薄膜磁気ディスクと、該薄膜磁気ディスクの回転手段と、浮動型スライダに設けられ情報の書き込みと読み出しとを行う薄膜磁気ヘッドと、前記浮動型スライダを支持し薄膜磁気ディスクに対してアクセスする移動手段とを具備した磁気記憶装置において、前記薄膜磁気ヘッドの前記書き込み用磁気コアの上部磁気コア及び下部磁気コアの少なくとも一方は平均結晶粒径が500Å以下、室温の比抵抗が $40\mu\Omega\text{cm}$ 以上及び困難軸方向の保磁力が1.0Oe以下である金属磁性材よりなることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項2】情報を記録する薄膜磁気ディスクと、該薄膜磁気ディスクの回転手段と、浮動型スライダに設けられ情報の書き込みと読み出しとを行う薄膜磁気ヘッドと、前記浮動型スライダを支持し薄膜磁気ディスクに対してアクセスする移動手段とを具備した磁気記憶装置において、前記薄膜磁気ヘッドの前記書き込み用磁気コアの上部磁気コア及び下部磁気コアの少なくとも一方は重量でNi 38~60重量%及びFe 40~62重量%を有するNi-Fe系合金の電気めっき薄膜よりなることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項3】メディア転送速度が1秒間当たり15メガバイト以上、記録データの面記録密度が1平方インチ当たり500メガビット以上及び情報の記憶媒体が直径3.5インチ以下の円盤状磁気ディスクを具備した磁気記憶装置において、前記磁気ディスクが記録・再生時に4000rpm以上で回転し、記録周波数が45MHz以上であり、前記記録を行う薄膜磁気ヘッドの少なくとも上部磁気コアは、重量でNi 38~60重量%及びFe 40~62重量%を有するNi-Fe系合金からなり、その膜厚が1~5μm、平均結晶粒径が500Å以下、比抵抗が $40\sim60\mu\Omega\text{cm}$ 、困難軸方向の保磁力が1.0Oe以下及び、該記録用磁気ヘッドの記録起磁力が0.5アンペア・ターン以上であることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項4】情報を記録する薄膜磁気ディスクと、該薄膜磁気ディスクの回転手段と、浮動型スライダに設けられ情報の書き込みと読み出しとを行う薄膜磁気ヘッドと、前記浮動型スライダを支持し薄膜磁気ディスクに対してアクセスする移動手段とを具備した磁気記憶装置において、前記磁気ディスクが記録・再生時に4000rpm以上で回転し、記録周波数が45MHz以上であり、前記記録を行う薄膜磁気ヘッドの少なくとも上部磁気コアは重量でNi 38~60重量%及びFe 40~62重量%を有するNi-Fe系合金からなり、その膜厚が1~5μm、平均結晶粒径が500Å以下、比抵抗が $40\sim60\mu\Omega\text{cm}$ 、困難軸方向の保磁力が1.0Oe以下及び該記録用磁気ヘッドの記録起磁力が0.5アンペア・ターン以上であることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項5】メディア転送速度が1秒間当たり15メガ

バイト以上、記録データの面記録密度が1平方インチ当たり500メガビット以上及び情報の記憶媒体が直径3.5インチ以下の円盤状磁気ディスクを具備した磁気記憶装置において、前記磁気ディスクが記録・再生時に4000rpm以上で回転し、記録周波数が45MHz以上であり、前記記録を行う薄膜磁気ヘッドの少なくとも上部磁気コアがNi-Fe系合金薄膜からなり、該薄膜はその結晶粒径が500Å以下、比抵抗が $40\sim60\mu\Omega\text{cm}$ 、困難軸方向の保磁力が1.0Oe以下及び記録起磁力が0.5アンペア・ターン以上であることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項6】メディア転送速度が1秒間当たり15メガバイト以上、記録データの面記録密度が1平方インチ当たり500メガビット以上及び情報の記憶媒体が直径3.5インチ以下の円盤状磁気ディスクを具備した磁気記憶装置において、前記磁気ディスクが記録・再生時に4000rpm以上で回転し、記録周波数が45MHz以上であり、前記記録を行う薄膜磁気ヘッドの少なくとも上部磁気コアが、重量でNi 38~60重量%、Fe 40~62重量%を有するNi-Fe系合金で、膜厚が1~5μmの電気めっき薄膜からなることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項7】前記磁気コアは重量でCo 15重量%以下及びMo, Cr, Pd, B及びInの1種以上を総量で3重量%以下の少なくとも一方を含む請求項2, 3, 4及び6のいずれかに記載の磁気記憶装置。

【請求項8】情報を記録する薄膜磁気ディスクと、該薄膜磁気ディスクの回転手段と、浮動型スライダに設けられ情報の書き込みと読み出しとを別々の素子で行う記録再生分離型薄膜磁気ヘッドと、前記浮動型スライダを支持し薄膜磁気ディスクに対してアクセスする移動手段とを具備した磁気記憶装置において、前記薄膜磁気ヘッドの前記書き込み用磁気コアの上部磁気コア及び下部磁気コアの少なくとも一方は重量でNi 38~60重量%及びFe 40~62重量%を有するNi-Fe系合金の電気めっき薄膜よりなることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項9】情報を記録する薄膜磁気ディスクと、該薄膜磁気ディスクの回転手段と、浮動型スライダに設けられ情報の書き込みと読み出しとを別々の素子で行う記録再生分離型薄膜磁気ヘッドと、前記浮動型スライダを支持し薄膜磁気ディスクに対してアクセスする移動手段とを具備した磁気記憶装置において、前記薄膜磁気ヘッドの前記書き込み用磁気コアの上部磁気コア及び下部磁気コアの少なくとも一方は平均結晶粒径が500Å以下、室温の比抵抗が $40\mu\Omega\text{cm}$ 以上及び困難軸方向の保磁力が1.0Oe以下である金属磁性材よりなることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項10】メディア転送速度が1秒間当たり15メガバイト以上、記録データの面記録密度が1平方インチ当たり500メガビット以上及び情報の記憶媒体が直径

3.5インチ以下の円盤状磁気ディスクを具備した磁気記憶装置において、前記磁気ディスクが記録・再生時に4000 rpm以上で回転し、記録周波数が45 MHz以上であり、前記記録再生とを別々の素子で行う記録再生分離型薄膜磁気ヘッドを有し、前記記録を行う薄膜磁気ヘッドの少なくとも上部磁気コアは、重量でNi 38～60重量%及びFe 40～62重量%を有するNi-Fe系合金からなり、その膜厚が1～5 μm、平均結晶粒径が500 Å以下、比抵抗が40～60 μΩcm、困難軸方向の保磁力が1.0 Oe以下及び、該記録用磁気ヘッドの記録起磁力が0.5アンペア・ターン以上であることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項11】下部磁性膜と、該下部磁性膜上に形成され一端が前記下部磁性膜の一端に接し、他端が前記下部磁性膜の他端に磁気ギャップを介して対向し、これによって下部磁性膜と共に一部に磁気ギャップを有する磁気回路を形成する上部磁性膜と、両磁性膜間を通り磁気回路と交差する所定巻回数のコイルを形成する導体コイルとを具備した薄膜磁気ヘッドにおいて、前記下部及び上部磁性膜の少なくとも一方が、めっき法で形成され、重量でNi 38～60重量%及びFe 40～62重量%を含有するNi-Fe系合金からなり、膜厚が1～5 μm、平均結晶粒径が500 Å以下及び困難軸方向の保磁力が1.0 Oe以下であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項12】下部磁性膜と、該下部磁性膜上に形成され一端が前記下部磁性膜の一端に接し、他端が前記下部磁性膜の他端に磁気ギャップを介して対向し、これによって下部磁性膜と共に一部に磁気ギャップを有する磁気回路を形成する上部磁性膜と、両磁性膜間を通り磁気回路と交差する所定巻回数のコイルを形成する導体コイルとを具備した薄膜磁気ヘッドにおいて、前記下部及び上部磁性膜の少なくとも一方が、めっき法で形成され、重量でNi 38～60重量%及びFe 40～62重量%を含有するNi-Fe系合金からなり、膜厚が1～5 μmであることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項13】下部磁性膜と、該下部磁性膜上に形成され一端が前記下部磁性膜の一端に接し、他端が前記下部磁性膜の他端に磁気ギャップを介して対向し、これによって下部磁性膜と共に一部に磁気ギャップを有する磁気回路を形成する上部磁性膜と、両磁性膜間を通り磁気回路と交差する所定巻回数のコイルを形成する導体コイルとを具備した薄膜磁気ヘッドにおいて、前記下部及び上部磁性膜の少なくとも一方が、平均結晶粒径が500 Å以下、室温の比抵抗が40 μΩcm以上、困難軸方向の保磁力が1.0 Oe以下及び記録時の起磁力が0.5アンペア・ターン以上であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項14】情報の書き込みと読み出しとを別々に設けられた素子によって行う記録再生分離型薄膜磁気ヘッ

ドにおいて、前記薄膜磁気ヘッドの前記書き込み用磁気コアの上部磁気コア及び下部磁気コアの少なくとも一方は重量でNi 38～60重量%及びFe 40～62重量%を有するNi-Fe系合金の電気めっき薄膜よりなることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項15】情報の書き込みと読み出しとを別々に設けられた素子によって行う記録再生分離型薄膜磁気ヘッドにおいて、前記薄膜磁気ヘッドの前記書き込み用磁気コアの上部磁気コア及び下部磁気コアの少なくとも一方は平均結晶粒径が500 Å以下、室温の比抵抗が40 μΩcm以上及び困難軸方向の保磁力が1.0 Oe以下である金属磁性材よりなることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項16】磁気ディスクが記録・再生時に4000 rpm以上で回転し、記録周波数が45 MHz以上であり、情報の書き込みと読み出しとを別々の素子によって行う記録再生分離型薄膜磁気ヘッドにおいて、前記記録を行う薄膜磁気ヘッドの少なくとも上部磁気コアは、重量でNi 38～60重量%及びFe 40～62重量%を有するNi-Fe系合金からなり、その膜厚が1～5 μm、平均結晶粒径が500 Å以下、比抵抗が40～60 μΩcm、困難軸方向の保磁力が1.0 Oe以下及び、該記録用磁気ヘッドの記録起磁力が0.5アンペア・ターン以上であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項17】下部磁性膜と、該下部磁性膜上に形成され一端が前記下部磁性膜の一端に接し、他端が前記下部磁性膜の他端に磁気ギャップを介して対向し、これによって下部磁性膜と共に一部に磁気ギャップを有する磁気回路を形成する上部磁性膜と、両磁性膜間を通り磁気回路と交差する所定巻回数のコイルを形成する導体コイルとを具備した薄膜磁気ヘッドの製造方法において、前記下部及び上部磁性膜の少なくとも一方を、めっき浴が金属イオン濃度が1.5～2.0 g/lのNi++イオン及び2.0～2.7 g/lのFe++イオンを含み、かつ、Ni++イオンとFe++イオンの比(Ni++/Fe++)が7～8と、応力緩和剤及び界面活性剤とを含み、pHが2.5～3.5であるNi-Fe合金の電気めっき浴を用い電気めっきによって形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項18】請求項17において、Coイオンを0.4～0.6 g/l、Cr、Mo、Pd、In、Bの各イオンを0.1 g/l以下を添加したことを特徴とするめっき浴から成膜される請求項1記載の磁気コアを搭載した薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項19】請求項17又は18において、めっき浴の浴温度を20～35℃に保持して5～30 mA/cm<sup>2</sup>の電流密度で磁界中フレームめっきにより作製したことを特徴とする記録用薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項20】磁界中フレームによって電気めっきにより作製する請求項17～19のいずれかに記載の薄膜磁

気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、磁気ヘッド用磁気コアに関し、特に高記録密度用記録・再生分離型磁気ヘッドの記録用ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、磁気ディスク装置の高記録密度化に伴って、記録媒体の高保磁力化が進み、該高保磁力媒体に十分記録し得る能力を有する薄膜磁気ヘッドが要求されている。そのためには、磁気ヘッドのコア材料には飽和磁束密度 ( $B_s$ ) の高い材料を用いることが必要である。これらの材料として、従来、膜厚が  $3 \mu\text{m}$  程度の Ni - Fe 合金膜が用いられてきた。しかし、この Ni - Fe 合金膜は比抵抗が  $1.6 \sim 2.0 \mu\Omega\text{cm}$  と低いため、うず電流損失が大きく、このために高周波領域における記録磁界強度が低下し、記録周波数は高々  $3.0 \text{ MHz}$  程度が限度である。また、これに替わる材料として Co 系非晶質材料、Fe - Al - Si 系センダト合金薄膜等が提案されているが前者は非晶質であるがゆえに熱的に不安定であること、また、後者は  $500^\circ\text{C}$  程度の高い温度での熱処理が必要であることなどから磁気ディスク用の磁気コア材としては製造プロセス的に難点があり、実用化に至っていない。また、最近では、薄膜磁気ヘッド用磁気コア材料として Co - Ni - Fe 3 元系材料が提案されている（特開昭60-82638号、特開昭61-76642号、特開昭64-8605号、特開平2-68906号、特開平2-290995号）。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】これらの3元系材料は飽和磁束密度 ( $B_s$ ) は  $1.5 \text{ T}$  以上と高いが、Ni - Fe 合金膜同様比抵抗及び結晶粒径について全く考慮されておらず、更に Ni - Fe 合金膜同様高周波特性に難点があった。

【0004】一方、磁気ディスク装置の記憶容量は年々確実に増大しており、現在製品化されている 3.5 インチ装置の面記録密度、最大で  $350 \text{ Mb/in}^2$  まで高められている。この場合のデータ記録周波数は  $2.7 \text{ MHz}$  程度であり、従来の Ni - Fe 合金膜あるいは Co - Ni - Fe 合金膜では磁気ヘッドの性能限界に近づきつつある。

【0005】また、高周波用として  $4.0 \sim 5.5 \text{ Ni-Fe}$  に Nb, Ta, Cr, Mo 等を添加したスパッタリング法で形成する磁性膜として特開平3-68744号が提案されているが、結晶磁気異方性が大きい材料ゆえ磁気特性的にスパッタリング法による厚膜形成が困難である。

【0006】本発明の目的は、高周波領域での高記録密度用即ち、高速アクセス、高速転送対応の磁気ヘッドと、及びこれを用いた磁気記憶装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、上述した問題に鑑み成されたもので、高速転送、高記録密度を達成させるための磁気ディスク装置、即ち、磁気ディスク装置が記録・再生時に磁気ディスクが  $4000 \text{ rpm}$  以上で回転し、記録周波数が  $4.5 \text{ MHz}$  以上に設定されている磁気記憶装置に搭載し、その性能を發揮させるための薄膜磁気ヘッドとしては飽和磁束密度 ( $B_s$ ) が大きく、困難軸方向の保磁力が小さく、かつ、比抵抗が大きい材料が要求される。従って、比抵抗も高く、飽和磁束密度も高い組成領域は Ni : 38 ~ 60 重量% の範囲である。しかしながら、この組成領域は結晶磁気異方性が最も大きい範囲であるために通常薄膜磁気ヘッド等に適用される  $2 \mu\text{m}$  以上の厚膜の磁性膜をスパッタリング法等で作製する場合、膜の結晶粒が大きくなってしまい、保磁力が大きく、一軸異方性が付与されにくい。

【0008】そこで、結晶粒を小さく抑えられるめっき法を取り上げ、38 ~ 60 重量% Ni - Fe 2 元系合金をベースに Co, Mo, Cr, Pd, B, In 等の第3元素の添加を検討し、必要な記録磁界を得る膜厚  $2 \sim 5 \mu\text{m}$  を確保した上で飽和磁束密度 ( $B_s$ ) :  $1.5 \text{ T}$  以上、保磁力 ( $H_{CM}$ ) :  $1.0 \text{ Oe}$  以下で、かつ比抵抗  $4.0 \mu\Omega\text{cm}$  以上を有する優れた薄膜の組成範囲と製造方法を見出したものである。これらの材料を薄膜磁気ヘッドに用いることにより、面記録密度 :  $500 \text{ Mb/in}^2$  以上、記録周波数 :  $4.5 \text{ MHz}$  以上、転送速度  $1.5 \text{ MB/s}$  以上の高性能磁気記憶装置を提供出来る。

【0009】本発明は、情報を記録する薄膜磁気ディスクと、該薄膜磁気ディスクの回転手段と、浮動型スライダに設けられ情報の書き込みと読み出しとを行う特にこれらを別個に行う薄膜磁気ヘッドと、前記浮動型スライダを支持し薄膜磁気ディスクに対してアクセスする移動手段とを具備した磁気記憶装置において、前記薄膜磁気ヘッドの前記書き込み用磁気コアの上部磁気コア及び下部磁気コアの少なくとも一方は平均結晶粒径が  $500 \text{ Å}$  以下、室温の比抵抗が  $4.0 \mu\Omega\text{cm}$  以上及び困難軸方向の保磁力が  $1.0 \text{ Oe}$  以下である金属磁性材よりなることを特徴とする磁気記憶装置にある。

【0010】更に、本発明は前記薄膜磁気ヘッドの前記書き込み用磁気コアの上部磁気コア及び下部磁気コアの少なくとも一方は重量で Ni 38 ~ 60 重量% 及び Fe 40 ~ 62 重量% を有する Ni - Fe 系合金の電気めっき薄膜よりなることを特徴とする。

【0011】更に、本発明はメディア転送速度が 1 秒間当たり  $1.5 \text{ Mbytes}$  以上、記録データの面記録密度が 1 平方インチ当たり  $500 \text{ Mbytes}$  以上及び情報の記憶媒体が直径  $3.5 \text{ inch}$  以下の円盤状磁気ディスクを具備した磁気記憶装置において、前記磁気ディスクが記録・再生時に  $4000 \text{ rpm}$  以上で回転し、記録周波数が  $4.5 \text{ MHz}$  以上であり、前記記録を行う薄膜磁気ヘッド

の少なくとも上部磁気コアは、重量で Ni 38~60 重量% 及び Fe 40~62 重量% を有する Ni-Fe 系合金からなり、その膜厚が 1~5 μm、平均結晶粒径が 500 Å 以下、比抵抗が 40~60 μΩcm、困難軸方向の保磁力が 1.0 Oe 以下及び、該記録用磁気ヘッドの記録起磁力が 0.5 アンペア・ターン以上であることを特徴とする。

【0012】本発明に係る前記磁気コアは重量で Co 15 重量% 以下及び Mo, Cr, Pd, B 及び In の 1 種以上を総量で 3 重量% 以下の少なくとも一方を含むことができるものである。

【0013】更に、本発明は、情報を記録する薄膜磁気ディスクと、該薄膜磁気ディスクの回転手段と、浮動型スライダに設けられ情報の書き込みと読み出しとを別々の素子で行う記録再生分離型薄膜磁気ヘッドと、前記浮動型スライダを支持し薄膜磁気ディスクに対してアクセスする移動手段とを具備した磁気記憶装置において前述の記録部の薄膜磁気ヘッドの磁性膜に前述と同様の特性、組成のものを用いることを特徴とする。

【0014】更に、本発明は、メディア転送速度が 1 秒間当たり 15 メガバイト以上、記録データの面記録密度が 1 平方インチ当たり 500 メガビット以上及び情報の記憶媒体が直径 3.5 インチ以下の円盤状磁気ディスクを具備した磁気記憶装置において、前記磁気ディスクが記録・再生時に 4000 rpm 以上で回転し、記録周波数が 45 MHz 以上であり、前記記録再生とを別々の素子で行う記録再生分離型薄膜磁気ヘッドを有し、前記記録を行う薄膜磁気ヘッドの少なくとも上部磁気コアに同様の特性、組成のものを用いることを特徴とする。

【0015】本発明は、下部磁性膜と、該下部磁性膜上に形成され一端が前記下部磁性膜の一端に接し、他端が前記下部磁性膜の他端に磁気ギャップを介して対向し、これによって下部磁性膜と共に一部に磁気ギャップを有する磁気回路を形成する上部磁性膜と、両磁性膜間を通り磁気回路と交差する所定巻回数のコイルを形成する導体コイルとを具備した薄膜磁気ヘッドにおいて、前記下部及び上部磁性膜の少なくとも一方が、めっき法で形成され、重量で Ni 38~60 重量% 及び Fe 40~62 重量% を含有する Ni-Fe 系合金からなり、膜厚が 1~5 μm、平均結晶粒径が 500 Å 以下及び困難軸方向の保磁力が 1.0 Oe 以下であることを特徴とする薄膜磁気ヘッドにある。

【0016】本発明は、下部磁性膜と、該下部磁性膜上に形成され一端が前記下部磁性膜の一端に接し、他端が前記下部磁性膜の他端に磁気ギャップを介して対向し、これによって下部磁性膜と共に一部に磁気ギャップを有する磁気回路を形成する上部磁性膜と、両磁性膜間を通り磁気回路と交差する所定巻回数のコイルを形成する導体コイルとを具備した薄膜磁気ヘッドの製造方法において、前記下部及び上部磁性膜の少なくとも一方を、めつ

10

き浴が金属イオン濃度が 1.5~2.0 g/l の Ni++ オン及び 2.0~2.7 g/l の Fe++ オンを含み、かつ、 Ni++ オンと Fe++ オンの比 (Ni++/Fe++) が 7~8 と、応力緩和剤及び界面活性剤とを含み、pH が 2.5~3.5 である Ni-Fe 合金の電気めっき浴を用い電気めっきによって形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法にある。特に、浴温度は 20~35 °C に保持して 5~30 mA/cm² の電流密度で磁界中フレームめっきにより作製するのが好ましい。

【0017】更に、本発明は Co オンを 0.4~0.6 g/l, Cr, Mo, Pd, In, B の各オノンを 0.1 g/l 以下を添加したことを特徴とする。更に、本発明は磁界中フレームによって電気めっきによって作製するのが好ましい。

【0018】本発明は、記録ヘッドの磁極磁性膜のうず電流損失を考慮して膜厚、比抵抗、比透磁率を設計し、記録周波数に伴う書きにじみ量、あるいはオーバーライト値の変動を防止すること、ならびにデータの記録周波数を高く設定し、かつ、上記ヘッドに適した磁気ディスクを高速で回転させることにより解決される。

【0019】(1) メディア転送速度が 1 秒間当たり 15 メガバイト以上、記録データの面記録密度が 1 平方インチ当たり 500 メガビット以上となる手段を有することが好ましい。

【0020】(2) 情報の記憶を直径 3.5 インチ以下の円盤状の磁気ディスクに行うときは、記録再生時にこの磁気ディスクが 4000 rpm 以上で回転し、記録周波数が 45 MHz 以上に設定されることが好ましい。

【0021】(3) 保磁力 2 kOe 以上の金属磁性膜を用いた磁気ディスクを有することが好ましい。

【0022】(4) 記録電流の立上り時間が 5 ナノ秒 (ns) 以下に設定されることが好ましい。

【0023】(5) 磁気ディスク媒体に情報の記録を行う誘導型磁気ヘッドの記録用コイルは、薄膜プロセスを利用して形成されており、端子数は 3 で、各端子間のインダクタンスは 1 マイクロヘンリー (μH) 以下であることが好ましい。

【0024】(6) 磁気ディスク媒体に情報の記録を行う誘導型磁気ヘッドの記録用コイルは 2 層構造であり、1 層目コイルと 2 層目コイルの巻線数は等しく、かつ巻線方向は互いに逆向きであることが好ましい。

【0025】(7) 磁気ディスク媒体に情報の記録を行う誘導型磁気ヘッドの記録用コイルは 1 層構造であり、コイル始点 (a) から終点 (b) 間の巻線数の半分に相当する位置 (c) に別の端子が接続されており、(c)-(a) 間、および (c)-(b) 間に流れる電流は互いに逆位相であることが好ましい。

【0026】(8) データの記録、あるいは記録再生に用いる磁気ヘッドの記録磁極を構成する磁性膜の膜厚を d (μm)、比抵抗を ρ (μΩcm)、低周波領域における

る比透磁率を $\mu$ としたとき、それぞれのパラメータが $d^2/\rho \leq 500$ なる関係を満足する手段を有することが好ましい。

【0027】(9) データの記録、あるいは記録再生に用いる磁気ヘッドの記録磁極の少なくとも一部は、磁性層と絶縁層とが交互に積層された多層構造となっており、その膜厚は $2.7\mu m$ 以下であることが好ましい。

【0028】(10) データの記録、あるいは記録再生に用いる磁気ヘッドの記録用磁性材の少なくとも上部磁性材に前述のFe-Ni系合金、下部にはCo系非晶質合金、あるいはFe系非晶質合金が用いることが好ましい。 10

【0029】(11) 磁気ヘッドの記録磁極材料内にはZr, Y, Ti, Hf, Al、あるいはSiの内の少なくとも一種を含むことが好ましい。

【0030】(12) データの記録、あるいは記録再生に用いる磁気ヘッドの記録起磁力、すなわち記録電流とコイル巻線数との積が0.5アンペア・ターン(AT)以上に設定されていることが好ましい。

【0031】(13) データの記録、あるいは記録再生に用いる磁気ヘッドの記録磁極の少なくとも一部の比抵抗は $40\mu\Omega cm$ 以上、比透磁率は500以上であることが好ましい。 20

【0032】(14) 磁気ディスク媒体に情報の記録を行う誘導型磁気ヘッドの記録用コイルは1層構造であり、コイル始点(a)から終点(b)間の巻線数の半分に相当する位置(c)に別の端子が接続されており、(c)-(a)間、および(c)-(b)間に流れる電流は互いに逆位相であること、再生ヘッドとしてスピナーパルブ型素子、巨大磁気抵抗効果型素子を用いた記録再生分離型ヘッドを用いることが好ましい。 30

### 【0033】

【作用】記録周波数45MHz以上の高周波領域では磁気ヘッドのヘッド効率(磁束を誘導する効率)はうず電流損が支配的になる。従って、うず電流損を軽減するためには磁気コアの膜厚を薄くするのが最も効果的であるが、膜厚を薄くすると記録磁界が不足し記録不可能となる。保磁力: 2000Oe以上、特に2300Oe以上の高保磁力媒体に十分記録するためには飽和磁束密度が高いことは勿論のこと膜厚は $2\mu m$ 以上が必要となる。通常、多層膜化するのはこのうず電流損を低減させるためであるが、高記録密度対応のヘッドプロセスでは寸法精度的に困難である。そのため磁気コアの比抵抗を大きくしてうず電流損を低減させ、磁気コアの透磁率( $\mu$ )の周波数特性を高周波側まで伸ばすことが必要である。 40

【0034】Ni-Fe2元系磁性膜(膜厚:  $3\mu m$ )ではNi 38~60重量%の範囲で飽和磁束密度

$$\begin{aligned}\tan \delta &= \mu'' / \mu' \\ &= R / \omega L \\ &= \mu_0 \mu \pi d^2 f / C \rho\end{aligned}$$

(Bs)が1.5T以上を示すと共に、比抵抗( $\rho$ )が $40 \sim 50\mu\Omega cm$ を示す。即ち、Niが38重量%より少なくなると比抵抗( $\rho$ )は高いが、飽和磁束密度(Bs)が1.5Tを下まわる。また、Niが60重量%を越えるとやはり飽和磁束密度(Bs)が1.5Tを下まわるので好ましくない。特に、40~50重量%が好ましい。このような組成の膜を作製する場合はめっき法が良い。即ち、電気めっき法により結晶粒径を非常に微細にするために結晶磁気異方性の大きい本組成でも保磁力を小さくできることと、結晶の配向性を極力なくすことができるためである。例えば、結晶の配向比を $(111)/(200) < 5.0$ 以下にすることが望ましい。そのような膜を作製するためのめっき浴組成のNi及びFeイオン濃度はNi<sup>++</sup>: 1.5~2.0g/l, Fe<sup>++</sup>: 2.0~2.7g/lで、イオン比(Ni<sup>++</sup>/Fe<sup>++</sup>)は7~8であった。また、この時のめっき電流密度は $1.0 \sim 2.0mA/cm^2$ 、pHは3.0、浴温度は30℃である。

【0035】一方、Co, Mo, Cr, B, In及びPdの少なくとも1種の元素を添加する場合、Coは15重量%以下、Moは3重量%以下が飽和磁束密度(Bs)を1.5T以上に保ち、比抵抗( $\rho$ )を $40\mu\Omega cm$ 以上を確保する上で望ましい。浴組成でCoの場合CoSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>Oを100g/l(Coイオンで21g/l)まで、Moの場合Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>Oを4.8g/l(Moイオンで1.9g/l)までの添加が望ましい。例えば、Moの替わりにCr[Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·1.8H<sub>2</sub>O]を添加した場合もほぼ同様の結果を示した。B, In等は比抵抗( $\rho$ )の増大は10%程度でそれ程大きな効果はなかった。一方、Coの添加は膜の比抵抗( $\rho$ )は若干低下するが飽和磁束密度(Bs)は約10%増大するので、Moとの共用が望ましい。また、Coは膜の異方性磁界(Hk)を増加させて磁気特性の安定化には好ましい。

【0036】尚、Coは15重量%以上になると膜の飽和磁束密度(Bs)は増大するが比抵抗( $\rho$ )が小さくなり過ぎて、Mo, Crの添加量を多くしないと膜の比抵抗( $\rho$ )を所望の値まで大きくできない。そのため膜の保磁力が大きくなり好ましくない。また、Mo, Cr等はやはり膜の保磁力を大きくしないで比抵抗( $\rho$ )を所望の値まで大きくするためには3重量%以下とする。

【0037】また、B, In, Pd等の添加量も同様である。これらの場合のめっき条件は上述のNi-Fe2元系の場合とまったく同様でよい。

【0038】磁性膜の高周波損失(tan δ)が、うず電流損失のみによるものと仮定すると

と表せる。ここで、 $\mu'$  および  $\mu''$  はそれぞれ複素透磁率の実数部分と虚数部分である。また、C は膜形状により決まる定数、 $\mu_0$  は真空の透磁率である。上式(1)より、磁性膜固有の比透磁率  $\mu$ 、膜厚  $d$ 、比抵抗  $\rho$  がわかれば、周波数  $f$  に対するうず電流損失  $\tan \delta$  を見積もることができる。なお、周波数に対するヘッド効率(磁)

$$\eta = \cos [\arctan (\mu_0 \mu \pi d^2 f / C \rho)]$$

(2) 式より、磁性膜固有の比透磁率  $\mu$ 、膜厚  $d$ 、および比抵抗  $\rho$  により求まる値である  $\mu d^2 / \rho$  の値を規定することで、任意の周波数  $f$  におけるヘッド効率  $\eta$  を外挿することができる。

【0040】上記ヘッドと高周波記録時の書きにじみ、オーバーライト変動の小さな保磁力  $2 \text{ kOe}$  以上の金属磁性膜を用いた磁気ディスクと組み合わせることにより、面記録密度が  $500 \text{ Mb/in}^2$  以上、記録周波数  $4.5 \text{ MHz}$  以上、メディア転送速度  $1.5 \text{ MB/s}$  以上の高性能磁気ディスク装置が得られる。

【0041】I/Oインターフェースにデータ・バスが 2 バイド幅の Fast and Wide SCSI (Samll Computer System Interface) を用いた場合、入出力装置の価格と出入力装置を構成する磁気ディスク装置 1 台当たりの転送速度との関係から、データ・バスが 2 バイド幅の Fast and Wide SCSI インターフェースを用いると最大  $20 \text{ MB/s}$  までのデータ転送が可能となる。この場合、磁気ディスク装置 1 台当たりの転送速度は  $1.5 \text{ MB/s}$  以上であれば、入出力装置の価格低減が可能となることがわかる。

【0042】また磁気ディスク装置 1 台当たりの容量は  $550 \text{ MB}$  あれば Windows, Workplace 等の OS (Operation Software) を取り扱うことが可能となる。この容量は 3.5 インチの磁気ディスク 1 枚で実現するには、データの記録可能な面記録密度は  $500 \text{ Mb/in}^2$  以上である必要がある。

#### 【0043】

##### 【実施例】

(実施例 1) 図 1, 図 2 に本発明の一例である磁気ディスク装置の全体図、及び平面図を示す。本磁気ディスク装置の構成は、情報を記録するための磁気ディスク 1、これを回転する手段の DC モータ (図面省略)、情報を書き込み、読み取りするための磁気ヘッド 2、これを支持して磁気ディスクに対して位置を変える手段の位置決め装置、即ち、アクチュエータ 4 とボイスコイルモータ 5、及び装置内部を清浄に保つためのエアフィルタ 6 などからなる。アクチュエータは、キャリッジ 7 とレール 8、軸受 9 から成り、ボイスコイルモータはボイスコイル 10、マグネット 11 からなる。これらの図では、同一の回転軸に 8 枚の磁気ディスクを取付け、合計の記憶容量を大きくした例を示している。

【0044】図 3 は本発明に係る磁気記録再生装置の正面図、図 4 は同じくその平面図である。図において、1 50

束を誘導する効率) の変化は、複素透磁率の実数部分の変化に比例すると考えられるので、(1) 式から  $\delta$  を算出し、この  $\cos$  成分をとることにより、ヘッド効率の周波数依存性を求めることができる。すなわち、各周波数におけるヘッド効率  $\eta$  は次式で表わせる。

#### 【0039】

$$\cdots (2)$$

は磁気ディスク、2 は磁気ヘッド、3 はジンバル系支持装置、4 は位置決め装置 (アクチュエータ) である。磁気ディスク 1 は回転駆動機構により、矢印 a の方向に回転駆動される。磁気ヘッド 2 は支持装置 3 によって支持され、位置決め装置 4 により、回転直径 O<sub>1</sub> 上で、矢印 b<sub>1</sub> または b<sub>2</sub> の方向に駆動されて位置決めされ、それによって所定のシリンドラ T<sub>1</sub> ~ T<sub>4</sub> において、磁気記録、再生が行われる。

【0045】磁気ディスク 1 は表面粗さ  $R_{MAX}$  が  $100 \text{ Å}$  以下、望ましくは  $50 \text{ Å}$  以下の表面性の良好な媒体とする。磁気ディスク 1 は、剛性基体の表面に真空成膜法によって磁気記録層を形成してある。磁気記録層は  $\gamma-\text{Fe}_2\text{O}_3$  または  $\text{Co-Ni}$ ,  $\text{Co-Cr}$  等の磁性薄膜として形成する。真空成膜法によって形成される磁気記録層の膜厚は  $0.5 \mu\text{m}$  以下であるので、剛性基体の表面性がそのまま記録層の表面性として反映される。従って、剛性基体は、表面粗さ  $R_{MAX}$  が  $100 \text{ Å}$  以下のものを使用する。そのような剛性基体としては、ガラス、化学強化されたソーダアルミノ珪酸ガラスまたはセラミックを主成分とする剛性基体が適している。磁気記録層は、 $\gamma-\text{Fe}_2\text{O}_3$  等の磁性酸化鉄や磁性窒化物で構成することができる。また、磁性層が金属や合金などの場合には、表面に酸化物層、窒化物層を設けるか、表面を酸化皮膜とするのが望ましい。また、炭素保護膜の使用等も望ましい。こうすることにより、磁気記録層の耐久性が向上し、極く低浮上量で記録再生する場合や、コンタクト、スタート、ストップ時においても、磁気ディスク 1 の損傷を防止できる。酸化物層及び窒化物層は、反応性スパッタ、反応性蒸着等によって形成できる。また、酸化皮膜は、 $\text{Co-Ni}$  または  $\text{Co-Cr}$  等のように、鉄、コバルト、ニッケルのうち、少なくとも 1 種を含む金属または合金である磁気記録層の表面を、反応性プラズマ処理等により、意図的に酸化して形成できる。磁気ディスク 1 は、磁気記録層の記録残留磁化が膜面に対して垂直方向の成分を主成分とする垂直記録、膜面内成分を主成分とする面内記録のいずれであってもよい。図示は省略したが、磁気記録層の表面に潤滑剤を塗布してもよい。

【0046】図 5 及び図 6 は磁気ヘッド 2 とジンバル系支持装置 3 の組立構造を示す図である。磁気ヘッド 2 は、セラミック構造体であるスライダ 25 の空気流出端部側に読み書き素子 22 を付着させ、位置決め装置 4 によって駆動される支持装置 3 により、浮上面 23 とは反

対側の面24に荷重を加えてピッチ運動及びロール運動を許容するように支持する。読み書き素子42はIC製造テクノロジと同様のプロセスにしたがって形成された薄膜素子である。

【0047】支持装置3は位置決め装置4に取付けられる剛性アーム部51に、弹性金属薄膜でなる支持体37の一端を、結合具11, 12によって取付け固定すると共に、支持体37の長手方向の一端にある自由端に、同じく金属薄板である可撓体36を取付け、この可撓体36の下面に、磁気ヘッド2を取付けた構造となっている(図3及び図4参照)。支持体37は剛性アーム部51に取付けられる部分が弹性バネ部21となっていて、この弹性バネ部41に接続して剛性ビーム部42を形成している。剛性ビーム部42は両側に折曲げ形成したフランジ42a, 42bを有している。可撓体36は支持体37の長手方向軸線と略平行して伸びる2つの外側可撓性枠部31, 32と、支持体37から離れた端において外側可撓性枠部31, 32を連結する横枠33と、横枠33の略中央部から外側可撓性枠部31, 32に略平行するように伸びていて先端を自由端とした中央舌状部34とを有して構成され、横枠33のある方向とは反対側の一端を、支持体37の自由端付近に溶接等の手段によって取付けてある。

【0048】可撓体36の中央舌状部34の上面には、例えば半球状等の荷重用突起35が設けられていて、この荷重用突起35により、支持体37の自由端から中央舌状部34へ荷重を伝えるようにしてある。中央舌状部34の下面には磁気ヘッド2の面24を接着等の手段によって固着してある。

【0049】本実施例においては、上述の表面粗さR<sub>MAX</sub>を有する磁気ディスク1を使用し、磁気ヘッド2の浮上開始浮上量を0.01μm～0.04μmの範囲に設定する。そして、磁気ディスク1に設けられる読み書きシリンダT<sub>1</sub>～T<sub>n</sub>のうち、最内周シリンダT<sub>1</sub>における磁気ヘッド2の浮上量gを、浮上開始浮上量0.01μm～0.04μmから、その数倍の値の間に設定して駆動する。磁気ヘッド2を構成するスライダ21の形状、支持装置3から磁気ヘッド2に加わる荷重、磁気ディスク1の回転数等は、上述のような浮上量が得られるように設定する。

【0050】図7は負圧スライダの斜視図である。

【0051】負荷スライダ70は、空気導入面71と浮揚力を発生する2つの正圧発生面72, 72とに囲まれた負圧発生面73を有し、さらに空気導入面71並びに2つの正圧発生面72, 72と負圧発生面73との境界において負圧発生面73より段差の大きい溝74とから構成される。なお、空気流出端75には磁気ディスクに情報の記録再生を行う薄膜磁気ヘッドエレメント76を有する。

【0052】負圧スライダ70の浮上時においては、空

気導入面71から導入された空気は負圧発生面73で膨張されるが、その際に溝74に向かう空気の流れも作られるため、溝74の内部にも空気導入面71から空気流出端75に向かう空気の流れが存在する。したがって、負圧スライダ70の浮上時に空気中に浮遊する塵芥が空気導入面71から導入されたとしても溝74の内部へ導入され、溝74内部の空気の流れによって押し流され、空気流出端78より負圧スライダ70の外へ排出されることになる。また負圧スライダ70の浮上時には溝4内部には常に空気の流れが存在し渦み等がないため、塵芥が凝集することもない。

【0053】図8は記録用ヘッドを形成した、記録再生分離型ヘッドの概念図である。記録再生分離型ヘッドは、本発明の素子を用いたインダクティブ型の記録ヘッド、再生ヘッドと、及び、漏れ磁界による再生ヘッドの混乱を防止するためのシールド部からなる。ここでは水平磁気記録用の記録ヘッドとの搭載を示したが、本発明の磁気抵抗効果素子を垂直磁気記録用のヘッドと組合せ、垂直記録に用いても良い。ヘッドは、基体80上に下部シールド膜82、磁気抵抗効果膜86及び電極85、上部シールド膜81からなる再生ヘッドと、下部磁性膜84、コイル87、上部磁性膜83からなる記録ヘッドとを形成してなる。このヘッドによって、記録媒体上に信号を書き込み、また記録媒体から信号を読み取るのである。再生ヘッドの感知部分と、記録ヘッドの磁気ギャップはこのように同一スライダ上に重ねた位置に形成することで、同一トラックに同時に位置決めができる。このヘッドをスライダに加工し、磁気記録再生装置に搭載した。

【0054】本実施例では、インダクティブ型の記録ヘッドの上部及び下部磁性膜を以下の製法によって形成した。

【0055】Ni<sup>++</sup>量：16.7 g/l, Fe<sup>++</sup>量：2.4 g/lを含み、その他通常の応力緩和剤、界面活性剤を含んだめっき浴において、pH：3.0、めっき電流密度：15 mA/cm<sup>2</sup>の条件でフレームめっきした上・下部磁気コアを有する誘導型の薄膜磁気ヘッドを作製した。トラック幅は4.0 μm、ギャップ長は0.4 μmである。この磁性膜の組成は42.4 Ni - Fe(重量%)であり、磁気特性は飽和磁束密度(B<sub>s</sub>)が1.64 T、困難軸保磁力(H<sub>CN</sub>)が0.5 Oeで比抵抗(ρ)は48.1 μΩcmであった。上部磁気コア83、上部シールド層を兼ねた下部磁気コア84、コイル87である。再生のための磁気抵抗効果型素子86、磁気抵抗効果型素子にセンス電流を流すための電極85、下部シールド層82、スライダ80の構成を有する。

【0056】このような構成で評価した本発明による記録ヘッドの性能(オーバーライト特性)を図9に示す。40 MHz以上の高周波領域でも-50 dB程度の優れた記録性能が得られた。

【0057】図10は本実施例によって得られためっき法とスパッタリング法によって得られた磁性膜の困難軸保磁力と平均結晶粒径との関係を示すもので、結晶粒径を500Å以下にすると1.0Oe以下の低い保磁力が得られることが分る。

【0058】更に、下部磁性膜には上述と同様に電気めっきによってNi70~80重量%、残部FeからなるNi-Fe合金薄膜又はこの合金薄膜を合金ターゲットを用いスパッタリングによって形成することもできる。

【0059】図11は本発明のインダクティブ型の記録ヘッドの断面図及び図12はその平面図であるが、この薄膜ヘッドは上部シールド膜81と、その上に付着された前述の磁性膜からなる下部磁性膜83及び上部磁性膜84からなる。図11は図12のA-A断面図である。非磁性絶縁体89が層83、84の間に付着されている。絶縁体の一部が磁気ギャップ88を規定し、これは例えば周知技術によりエア・ペアリング関係に置かれた磁性媒体と変換関係で相互作用する。支持体80はエア・ペアリング表面(ABS)を有するスライダの形になっており、これはディスク・ファイル動作中に回転するディスクの媒体に近接し浮上関係にある。

【0060】薄膜磁気ヘッドは上部83、下部磁性膜84により出来るバック・ギャップ90を有する。バック・ギャップ90は介在するコイル87により磁気ギャップから隔てられている。

【0061】連続しているコイル87は例えばめっきにより下部磁性層84の上に作った層になっており、これらを電磁結合する。コイル87は絶縁体89で埋められてあるコイルの中央には電気接点91があり、同じくコイルの外端部終止点には電気接点92として更に大きな区域がある。接点は外部電線及び読み取り書き込み信号処理ヘッド回路(図示略)に接続されている。

【0062】本発明においては、単一の層で作られたコイル87が、やや歪んだ楕円形をしており、その断面積の小さい部分が磁気ギャップに最も近く配置され、磁気ギャップからの距離が大きくなるにつれ、断面積が徐々に大きくなる。

【0063】バック・ギャップ90は磁気ギャップのABSに相対的に近く位置している。しかし楕円形コイルはバック・ギャップ90と磁気ギャップ88との間で比較的密に多数本入っており、コイルの幅乃至断面直径はこの区域では小さい。更に、磁気ギャップから最も遠い部分での大きな断面直径は電気抵抗の減少をもたらす。更に、楕円(長円)形コイルは角や鋭い隅や端部を持たず、電流への抵抗が少ない。又、楕円形状は矩形や円形(環状)コイルに比べ導電体の全長が少なくて済む。これらの利点の結果、コイルの全抵抗は比較的少なく、発熱は少なく、適度の放熱性が得られる。熱を相当量減らすので、薄膜層の層崩れ、伸長、膨張は防止され、ABSでのボール・チップ突出の原因が除かれる。

【0064】幅の変化がほぼ均一に進む楕円形コイル形状は、スパッタリングや蒸着等より安価な従来のめっき技術で付着できる。他の形状特に角のある形のコイルではめっき付着が不均一な幅の構造になり易い。角や鋭い端縁部の除去は出来上ったコイルにより少ない機械的ストレスしか与えない。

【0065】本実施例では多数巻回したコイルがほぼ楕円形状で磁気コア間に形成され、コイル断面径は磁気ギャップからバック・ギャップに向けて徐々に拡がっており、信号出力は増加し、発熱が減少される。

【0066】図13は前述のインダクティブヘッドの下部に形成した本発明の磁気抵抗効果素子の基体面上の構成を表す概念図である。磁気抵抗効果膜110は基体150上に、記録媒体に対抗する面163に沿って素子の幅143の長い短冊に形成される。この形状の規定は磁気抵抗効果膜110に感知すべき磁界のかかる方向160に対して垂直な方向に適度の形状異方性を与える効果がある。磁気抵抗効果膜110には電気的に接触してなる電極140によって電流を通じ、記録媒体191表面に平行な方向の幅141及び垂直な方向の幅142の大きさを有する磁界感知部分にかかる磁界によって生じる抵抗変化を出力として得る。

【0067】本概念図では磁気抵抗効果素子の端部が記録媒体との対抗面に露出した形状となっているが、記録媒体からの磁界を導くヨーク状軟磁性体を対抗面から配置して、内側に設置した磁気抵抗効果素子に磁気的に結合させると素子の機械的耐久性が増す。特に、素子のMR高さを小さくすることでヨークの磁路抵抗を減少させ、感度を向上することが出来る。

【0068】本発明の磁気抵抗効果素子は例えば図14のような構成を有する。基体150上に、磁気抵抗効果膜110、すなわちバイアス膜132、磁性膜111、非磁性導電膜120、磁性膜112、非磁性導電膜層120、磁性膜層111、バイアス膜131を積層し、かつ電極140を電気的に接合してなる。図12の素子構成は電極140がバイアス膜131の下に設置されているが、これは例えば上部バイアス膜に酸化ニッケルのような絶縁体を用いたときに有効な構造の一例となっている。

【0069】電極は他の構造、例えばバイアス膜を一部にだけ形成してその上から電極140を形成しても構わない。あるいは導電性バイアス膜、例えばFeMn、CoPt膜などを用いて直接これに密着して電極を形成する方法もある。

【0070】本素子は、バイアス膜に依って強い異方性を印加した磁性膜と、前記の異方性に比べて弱い異方性を一軸異方性、形状異方性、あるいはソフト膜バイアスなどで印加した磁性膜とを、電流は通じるが互いに磁気的な結合を生じないように非磁性導電膜を介して交互に積層したことである。特にその異方性の印加方向を以下

に述べる。

【0071】図15は本発明の磁気抵抗効果素子の異方性制御の例を示す概念図で、図14においてA-A'で示した素子部分の斜視図である。バイアス膜131及び132は、図中矢印171及び172の方向に交換結合による異方性を印加する。図中矢印160は感知すべき磁界の方向、矢印161は磁性膜111に誘導した一方向異方性の方向を示す。非磁性導電膜120に挟まれた磁性膜112の容易磁化方向は図中矢印162の方向に一軸異方性の誘導によって印加する。これは磁性膜の成長中に所定の方向に磁界を印加することで達成される。本図の実施例は異方性の印加をバイアス膜と誘導磁気異方性で実現した例である。この結果矢印161と162は共に膜面内で、互いに直交する。感知すべき磁界の大きさに比較して、磁性膜111の異方性を大きく磁性膜112の異方性を小さくすることで、磁性膜111の磁化を外部磁界に対してほぼ固定し、磁性膜112の磁化のみが外部磁界に対して大きく反応するようになる。さらに矢印160の方向にかかる感知すべき磁界に対して、磁性膜111の磁化は異方性161によって磁化と外部磁界が平行な容易軸励磁の状態に、逆に磁性膜112の異方性に依って磁化と外部磁界が垂直な困難軸励磁の状態になっている。この効果によって上記の応答をさらに顕著なものにできるとともに、外部磁界に対して磁性膜112の磁化が、矢印162の方向を起点に、回転による困難軸励磁で素子が駆動される状態が実現し、磁壁移動による励磁に伴うノイズを防止し、高周波での動作を可能にすることができます。

【0072】本実施例の磁気抵抗効果素子の別の実施例として、異方性の印加を2種類の異なるバイアス膜、つまり反強磁性膜との硬磁性膜で実現した例である。基板150上に、反強磁性膜132、磁性膜111、非磁性膜120、磁性膜112、硬磁性膜133を積層して、電極を接続してなる。反強磁性膜132、硬磁性膜133を各々が非磁性膜で分離された2層の磁性膜111、112に密着しており、感知すべき磁界の方向160に対して平行および直行した方向172および173に磁界中熱処理あるいは磁化処理をして磁性膜111、112の磁化をそれぞれ矢印161、162の方向に誘導する。反強磁性膜は例えば酸化ニッケル、硬磁性膜はコバルト40白金合金などが用いられる。硬磁性膜と反強磁性膜の位置が逆か、それぞれの磁化の誘導方向が逆であっても同等の効果がある。

【0073】本実施例の磁気抵抗効果素子を構成する膜は高周波マグнетロンスピッタリング装置により以下のように作製した。アルゴン3ミリトルの雰囲気中にて、厚さ1mm、直径3インチのセラミックス基板およびSi単結晶基板上に以下の材料を順に積層して作製した。スピッタリングターゲットとして酸化ニッケル、コバルト、ニッケル-20at%鉄合金、銅のターゲットを用いた。ニッケル-鉄中のコバルトの添加にはニッケル-20at%鉄合金ターゲット上にコバルトのチップを配置した。またコバルト中へのニッケル、鉄の添加にはコバルトターゲット上にニッケルおよび鉄のチップを配置した。積層膜は、各ターゲットを配置したカソードに各々高周波電力を印加して装置内にプラズマを発生させておき、各カソードごとに配置されたシャッターを一つずつ開閉して順次各層を形成した。膜形成時には基板面内で直交する二対の電磁石を用いて基板に平行におよそ50エルステッドの磁界を印加して、一軸異方性をもたらせるとともに、酸化ニッケル膜の交換結合バイアスの方向をそれぞれの方向に誘導した。

【0074】異方性の誘導は、基板近傍に取付けた二対の電磁石によって、各磁性膜の形成時に誘導すべき方向に磁界を加えて行った。あるいは、多層膜形成後に反強磁性膜のネール温度近傍で磁界中熱処理を行い、反強磁性バイアスの方向を磁界の方向に誘導した。

【0075】磁気抵抗効果素子の性能の評価は膜を短冊形状にバーニングし、電極を形成して行った。この時、磁性膜の一軸異方性の方向と素子の電流方向が平行となるようにした。電気抵抗は電極端子間に一定の電流を通じ、素子の面内に電流方向に垂直な方向に磁界を印加して、素子の電気抵抗を電極端子間の電圧として測定し、磁気抵抗変化率として感知した。

【0076】表1では素子の特性を抵抗変化率と飽和磁界で表した。素子としての再生出力はこの抵抗変化率の大きさに、感度は飽和磁界の小ささに、それぞれ対応する。表1の結果から明らかのように特に磁気抵抗素子No.1～5は4%以上の抵抗変化率と良好な磁気特性を有するものであり、No.6、7に比べ、抵抗変化率において優れている。特に、試料No.1、2、4は飽和磁界10エルステッド程度の良好な磁界感度と抵抗変化率6から7%の高い出力を示している。

【0077】

【表1】

試料	膜の構成 / 厚さ (Å)	抵抗率 Ωcm	飽和率 % (Oe)
No.1	NiO/NiFe/Cu/NiFe/Cu/NiFe/NiO 300/60/21/40/21/60/300	6.5	12
2	NiO/Co/Cu/NiFe/Cu/Co/NiO 300/50/21/40/21/50/300	7.2	13
3	NiO/NiFe/Cu/NiFe/Cu/NiFe/NiO 300/60/21/40/21/40/21/60/300	5.5	11
4	NiO/Co/Cu/Co/NiFe/Co/Cu/Co/NiO 300/60/21/15/40/15/21/60/300	7.5	16
5	NiO/NiFe/Cu/NiFe 300/60/21/40	4.5	15
6	NiFe/Cu/NiFe/NiO 60/21/40/300	3.0	14
7	NiFe/Cu/NiFe/FeMn 60/21/40/150	3.9	10

【0078】本実施例における磁気記憶装置において、一対の電極85に挟まれた領域が再生トラック幅となるが、これは2μmとした。記録時には、ターン数が20のコイル87に1.5mAopの電流を流して任意の情報を媒体磁性層に記録し、一方再生時にはリード線に8mAの直流電流を印加して媒体磁性層からの漏洩磁界を検出した。

【0079】この磁気ヘッドを、記録ビット方向の保磁力が2100エルステッド、保磁力配向比が1.2のC 20

表 2

oCrTa (Crの添加量は1.6アトミック%)を記録層とする3.5インチの磁気ディスクと組み合わせて磁気記憶装置を構成した。なお、ここで使用した磁気ディスク記録層の残留磁束密度と膜厚との積Br·δは100ガウス・μmである。本実施例により構成した磁気記憶装置の仕様を表2に示す。

## 【0080】

【表2】

## 録再分離型ヘッドを用いた3.5インチ装置仕様

記憶容量(フォーマット時)	5.5 GB
ディスク枚数	4
データ面数	8
ヘッド数	8
トラック数/ディスク面	7378
最大線記録密度	170 kBPI
トラック密度	8.3 kTPi
回転数	4491 RPM
記録周波数	80.0 MHz
転送速度(to/from Media)	18 MB/sec

【0081】(実施例2) 図6はめっき浴の金属イオン濃度即ち、Ni<sup>++</sup>量及びFe<sup>++</sup>量を種々変えてめっきした磁性膜の組成と磁気特性及び比抵抗(ρ)の関係を示したものである。Ni<sup>++</sup>はNiCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>OをFe<sup>++</sup>はFeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>Oを使用し、その他通常の応力緩和剤、界面活性剤を添加した。pH:3.0, 浴温度:3.0℃, めっき電流密度:1.5mA/cm<sup>2</sup>の条件でめっきした。膜厚は3.0μmである。

【0082】膜のNi含有量が3.8~6.0重量%の範囲で飽和磁束密度(B<sub>s</sub>)が1.5T以上、比抵抗(ρ)が4.0Ωcm以上と従来良く知られている80Ni-Feペーマロイ膜に比較し飽和磁束密度(B<sub>s</sub>)で1.5以上、比抵抗(ρ)で2倍以上と優れた特性を示すことがわかる。また、困難軸保磁力(H<sub>ch</sub>)は80Ni-Feペーマロイ膜とほぼ同様に10Oe以下と小さい。バルク材の値に比べ飽和磁束密度(B<sub>s</sub>)及び比抵抗(ρ)の傾向はほぼ同じであるが、Ni含有量が多くなるにつれ

て低下する量が小さい。これはバルク材に比べ結晶粒径が4.0~8.0Åと著しく小さいためである。

【0083】このような特性はpHを2.5~3.5程度まで、また、めっき電流密度を5~30mA/cm<sup>2</sup>の範囲に変えてても大きな変化はなかった。浴温度についても2.5~3.5℃の範囲に変えたが、温度が高くなるほどNi含有量が若干多くなる程度で、特性そのものに影響するものではなかった。

【0084】本実施例における磁性膜はインダクティブ型薄膜磁気ヘッドの上部磁気コア、下部にNi7.0~8.0重量%を含むFe-Ni系合金を用いた組み合わせに好適であるが、上下磁気コアの両者にも用いることができる。

【0085】特に、図16に示すようにNi4.0~5.0重量%でBsで1.6Tと最も高い値を示し、膜の(Ni/Fe)比が0.667~1.00のNiとFeとの組み合わせを有するものが好ましい。尚、Ni3.8~6.0

重量%における膜の(Ni/Fe)比は0.613~1.50である。

【0086】(実施例3)図17は(Ni44重量%–Fe)系合金にMoを含有させた磁性膜の磁気特性と比抵抗( $\rho$ )についての検討結果である。

【0087】即ち、Ni<sup>++</sup>量: 16.7 g/1, Fe<sup>++</sup>量: 2.2 g/1を含むめっき浴に比抵抗( $\rho$ )を増大せしめる元素としてMoを添加した場合の磁性膜の磁気特性と比抵抗( $\rho$ )を示したものである。MoはNa<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>Oを用い最大5 g/1添加した。Moを添加することによって磁性膜の比抵抗( $\rho$ )は添加量に比例して増大することがわかる。例えば、Mo: 2重量%添加で磁性膜の比抵抗( $\rho$ )はおよそ60  $\mu\Omega\text{cm}$ 以上と80 Ni–Feパーマロイ膜の3倍以上の値を示す。その時、飽和磁束密度(B<sub>s</sub>)はおよそ1.50 Tと5%程度の低下に止まり80 Ni–Feパーマロイ膜の1.5倍以上の値を維持している。但し、添加量が3重量%以上(MoはNa<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>Oで5 g/1以上)になると保磁力(H<sub>ch</sub>)が10 Oe以上になると、飽和磁束密度(B<sub>s</sub>)が1.5 T以下となり好ましくない。

【0088】Moの替わりにCrについても検討したが効果はMoとほぼ同様であった。

【0089】本実施例における磁性膜も前述の実施例と同様に用いることができる。

【0090】(実施例4)図18は(Ni44重量%–Fe)–Co15重量%–Mo磁性膜の磁気特性を損なわずに飽和磁束密度(B<sub>s</sub>)と比抵抗( $\rho$ )を更に増大させるためにCoとMoを同じに添加した場合の検討結果である。Coの添加にはCoSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>Oを用い、Moの添加は実施例3同様Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>Oを用いた。Coの添加量は13重量%(CoSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>Oで100 g/1)一定とした場合の例で、これに対してMoは4重量%まで添加した。その結果、Coを13重量%添加することで磁性膜の飽和磁束密度(B<sub>s</sub>)は1.78 Tとおよそ10%増大するが、比抵抗( $\rho$ )は35  $\mu\Omega\text{cm}$ とおよそ30%も低減してしまう。従って、Moを添加することによって比抵抗( $\rho$ )は回復し、2.5重量%添加で比抵抗( $\rho$ )はおよそ55  $\mu\Omega\text{cm}$ となり、逆に約20%の増大を示す。その時、飽和磁束密度(B<sub>s</sub>)は1.55 TとCoなしの膜に比べ高い値を示す。また、Coの添加は膜の異方性磁界を増大させて磁気特性的にも安定な方向にある。

【0091】本実施例における磁性膜も前述と同様に適用できる。

【0092】(実施例5)図19は実施例2~4に示した製造方法によって作製した代表的な磁性膜の透磁率( $\mu$ )の周波数特性を測定し、それぞれの1 MHzの $\mu$ の値で規格化した結果である。比較試料として80 Ni–Feパーマロイについても測定した。膜厚はすべて3

10

20

30

40

50

$\mu\text{m}$ である。本実施例における比抵抗の48~60  $\mu\Omega\text{cm}$ のものは透磁率( $\mu$ )の周波数(f)に対する低下を25% (即ち、初期値の75%)とした場合の周波数(f)は40 MHz~70 MHzとパーマロイの1.5 MHzに比べおよそ3~5倍に伸びており、周波数特性が向上していることがわかる。

【0093】(実施例6)図20及び図21は本発明に係る磁性膜として実施例1と同様に上部及び下部磁性膜に用いた2段巻きコイルを有する誘導型薄膜磁気ヘッドの断面図である。図に示すように、この薄膜磁気ヘッド210は、例えばパーマロイなどの磁性材料の2枚の層212及び214から形成された下部及び上部磁性膜を含む。層212及び214は、夫々整形層211及び213を含む2段階で付着される。これらの層212及び214は、物理的に接触している後部ギャップ領域218と、磁気ギャップ221を形成するため非磁性材料の薄膜220で隔てられている先端領域219とを除き、絶縁層215、216及び217によって隔てられている。磁性体の層212及び214間のスペースには、平坦な導電コイル222が設けられる。コイル222は、絶縁材料の層215、216及び217間に楕円形バーティンで付着された2枚の層中の複数巻223a乃至223nを有している。変換用ギャップ221の端部は、上記の層を付着させている非磁性体の基板224上に形成されたエア・ペアリング面(ABS)と一致する。変換用ギャップ221は、回転する磁気ディスクなどの磁気記録媒体(図示せず)とエア・ペアリング関係で相互作用する。ディスクが回転するとき、そのヘッドはディスク記録面の非常に近くでそのエア・ペアリング面(ABS)を飛行する。

【0094】この薄膜磁気ヘッドを製造するには、磁極片先端領域219の薄い付着層を与えるため、適当なマスクを用いて基板224上に磁性層212及び整形層211を付着する。それから非磁性層220が、後部ギャップ領域218の部分を除いて層211及び212上に付着される。そして第1の絶縁層215が、磁気ギャップ221のところを除き、層220の上方に付着される。連続的で平坦な導体の第1の層の楕円渦巻状の巻線223a乃至223nが、例えば電気めっきにより絶縁層215上に付着される。絶縁層216がコイルの第1の層の上方に付着され、コイルの第2の層の巻線が付着され、そのコイルの上方に絶縁層217が付着される。それから、前述のとおり、磁性層212と物理的に接触する後部ギャップ領域218のところを除き、磁性層214が、絶縁されたコイルの上方に付着される。

【0095】磁極片の先端219は予め選択したほぼ一定の幅Wを有する。この幅Wは、対応する回転可能な磁気媒体上のトラックの幅とほぼ同じか少し狭い。磁極片先端の選択した幅Wは磁極片先端を切取ることにより得られ、その磁極片先端を切取るステップは、第2の磁性

層214のための整形層213を付着するステップの前に行われる。このように工程を変えると、従来の工程よりもはるかに高い精度で磁極片先端の切取りが可能となる。

【0096】磁性層214を付着した後で且つ整形層213を付着する前に、薄膜ヘッド・アセンブリをフォトレジスト・マスク230で覆う。それからそのヘッドの磁極片先端領域219のいずれかの側で、フォトレジスト・マスク中にウインドウ(窓)232が形成される。そのマスクされたヘッドは、イオン・ミリング工程を受ける。その工程中、ヘッドのマスクしていない部分が食刻され、磁極片先端を、図5に示すような所望の幅に切取る。

【0097】イオン・ミリング工程は、その加工される面に通常とほぼ同じ影響を及ぼし、これがフォトレジストのマスクとともに、マスクしていないヘッド構造をも食刻させるようとする。これはまたヘッドから食刻された物質を、そのマスクの残りの部分上と、その前に食刻されたヘッド構造とに再付着させる。この理由から、イオン・ミリング工程は2段階で実行される。第1のステップでは、マスクしていないヘッド構造が磁性層14、非磁性ギャップ層220及び磁性層212を経て基板224まで食刻される。この材料を完全に除去するため、その第1のステップは、基板224中へ少し食刻し過ぎてしまう程度まで実行されるのが好ましい。このイオン・ミリング工程中の第2のステップは、全ての再付着物質を取除くために設けられ、例えば垂直に対し75度～80度といった大きな角度で実行される。イオン・ミリング・ステップの好適な実施例では、一立方センチ当たり約2ワットの電力密度で毎分約550Åというバーマロイ磁性材料のための食刻速度が得られる。フォトレジストが除去され、整形磁性層213が付着されて、薄膜磁気ヘッドが完成される。

【0098】このフォトレジスト・マスクはイオン・ミリング工程中に食刻され、このヘッドの上部のレジストの厚さは、磁性層214の外形により、磁極片領域の上方のフォトレジストの厚さよりも薄くなる。

【0099】本発明により製造される薄膜磁気ヘッドは、一端に変換(トランスデューサ)用磁気ギャップと他端に後部ギャップ領域とを有するヨーク構造であつて、そのヨーク構造の磁気ギャップと後部ギャップ領域との間に付着された、磁気ヨークを付勢するための導電コイルを有する上記ヨーク構造を2枚の磁性材料の層で形成させた構成である。

【0100】本実施例で作製した薄膜磁気ヘッドを用いて構成した磁気記憶装置について述べる。本実施例による磁気ディスク装置は前述のように外径が約3.5インチの磁気ディスク、ディスクを回転させるためのスピンドル、磁気ヘッドの位置決め機構、ハウジングを有する。磁気ヘッドは記録再生用に誘導型素子を用いた自己

記録再生型ヘッドで、トラック幅は5.0μmである。ヘッドの上部及び下部磁性膜には飽和磁束密度が1.3テスラで比抵抗ρ=60μΩcm、比透磁率μ=1000、膜厚d=3μmの(Ni44重量%−Fe)−2重量%Mo合金薄膜を用い、ギャップ長は0.4μmである。なお、ヘッドの磁極には飽和磁束密度が1.6Tの同様のNi−Fe系合金のめっき薄膜、あるいはFe−Co−Ni/A1<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe−Co−Ni多層膜、Ni−Fe薄膜中に粒径が2nm～3nmのZrO<sub>2</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、HfO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、あるいはSiO<sub>2</sub>を含む薄膜等を用いても同等の効果を得ることができる。なお、磁性膜中の酸化物を混入させる場合、この粒径は0.5nm～5nmの間が望ましい。これは、この粒径の範囲内において飽和磁束密度、あるいは軟磁気特性の著しい低下を伴わずに磁性膜の比抵抗のみを高めることができるためである。なお、Fe−Ni合金薄膜に前述のような酸化物を含有させることにより比抵抗は約60μΩcmまで増大するとともに、比透磁率は1000前後と良好な軟磁気特性を示す。一方、酸化物を含まないNiFe薄膜等をヘッドの記録磁極に適用する場合には、比透磁率を500以下にまで下げることで高周波特性を改善することができる。ただし、この場合、ヘッドの記録起磁力は0.5AT以上に設定する必要がある。

【0101】磁気ディスク(11)の記録層には、記録ビット方向の保磁力が2100エルステッド、保磁力配向比が1.2のCoCrTa(Crの添加量は16at%)が用いられている。この磁気ディスクにおける残留磁束密度と膜厚との積B<sub>r</sub>·δは300ガウス・μmである。この記録媒体を用いることにより、線記録密度特性の向上、および高線記録密度領域における媒体雑音を大幅に低減することが可能となる。なお、媒体保磁力が200エルステッド以下であると、ビットエラーレートが低減してしまい装置動作が不可能となる。

【0102】記録再生時におけるスピンドルの回転数は4491rpmに設定されており、この時の磁気ディスク上のデータ記憶領域最外周におけるヘッドの浮上量は0.05μmである。記録周波数は、データ記憶領域の最内周から最外周にかけて各トラック上での線記録密度が等しくなるように設定されており、最外周においては67.5MHzに設定されている。

【0103】本実施例における磁気ディスク装置では、各トラック上におけるデータの線記録密度は144kBPI(kilo Bit Per Inch)、トラック密度は5kTPI(kiloTrack Per Inch)に設定されており、面記録密度は1平方インチ当たり720メガビットである。本実施例では磁気ディスクを4枚用いており、装置のフォーマット容量は2.8ギガバイト、データの転送速度は1秒間に15メガバイトである。なお、本実施例では8/9変換を用いてデータの記録を行っているが、従来の1/7方式を用いてデータの記録を行っても、本実施例と同

等の性能を有する装置を構成することができる。ただし、この場合の記録周波数は45MHzとなる。

【0104】本実施例により構成した磁気記憶装置の仕

様を表3に示す。

【0105】

【表3】

表 3

3.5インチ装置仕様

記憶容量(フォーマット時)	2.8 GB
ディスク枚数	4
データ面数	8
ヘッド数	8
トラック数/ディスク面	4427
最大線記録密度	144 kBPI
トラック密度	5 kTPI
回転数	4491 RPM
記録周波数	67.5 MHz
転送速度(to/from Media)	15 MB/sec

【0106】(実施例7) 次に、ディスク径が2.5インチ、1.8インチ、および1.3インチの磁気ディスクを、本発明による磁気ヘッドと組み合わせて磁気記憶装置を構成した結果について述べる。なお、本実施例で用いた磁気ヘッド、および磁気ディスクは、実施例6で用いたものと同じであり、各トラック上におけるデータの線記録密度は144 kBPI、トラック密度は5 kTPIに設定されている。なおスピンドルの回転数は、そ

れぞれのディスク径において転送速度が15 MB/secとなるように設定している。また、実施例6で述べているように、従来の1-7方式を用いてデータの記録を行っても、本実施例と同等の性能を有する各装置を構成することができる。ただし、この場合の記録周波数は45MHzとなる。各装置の仕様を表4～表6に記す。

【0107】

【表4】

表 4

2.5インチ装置仕様

記憶容量(フォーマット時)	1.8 GB
ディスク枚数	4
データ面数	8
ヘッド数	8
トラック数/ディスク面	2951
最大線記録密度	144 kBPI
トラック密度	5 kTPI
回転数	6736 RPM
記録周波数	67.5 MHz
転送速度(to/from Media)	15 MB/sec

【0108】

【表5】

表 5

1.8インチ装置仕様

記憶容量(フォーマット時)	1.4 GB
ディスク枚数	4
データ面数	8
ヘッド数	8
トラック数/ディスク面	2213
最大線記録密度	144 kBPI
トラック密度	5 kTPI
回転数	8982 RPM
記録周波数	67.5 MHz
転送速度(to/from Media)	15 MB/sec

【0109】

【表6】

表 6

## 1.3インチ装置仕様

記憶容量(フォーマット時)	0.9 GB
ディスク枚数	4
データ面数	8
ヘッド数	8
トラック数/ディスク面	1475
最大線記録密度	144 k BPI
トラック密度	5 k TPI
回転数	13473 RPM
記録周波数	67.5 MHz
転送速度(to/from Media)	15 MB/sec

【0110】(実施例8) 比抵抗 $\rho$ 、膜厚dおよび比透磁率 $\mu$ の異なる磁極を用いた2種類の誘導型薄膜磁気ヘッドを作製し、それぞれの記録磁界強度の周波数依存性を電子線トモグラフィー法を用いて測定した。試作した各ヘッドの磁極材料、磁極厚みd、比抵抗 $\rho$ 、および1 MHz以下 の低周波領域における比透磁率 $\mu$ は表7に示す通りである。

【0111】ヘッドAは、磁極に膜厚3 μmの実施例1に記載の組成を有するNi-Fe合金単層膜を用いている。ヘッドBは実施例4と同様に膜厚2.2 μmのFe-Co-Ni-Mo膜を、膜厚0.1 μmのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>中間層を介して積層した磁極を用いている。よって、この

ヘッドの総磁極膜厚は4.5 μmである。なお、ここで用いたFe-Co-Ni-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe-Co-Ni-Mo多層膜は、Fe-Co-Ni-Mo膜一層の厚みが2.7 μm以上になると、記録周波数4.5 MHzにおける磁界強度の減衰量が10%以上に達し、記録周波数に伴う書きにじみ量、オーバーライト膜の変動原因となり望ましくない。本実施例では、Fe-Co-Ni膜一層の厚みを2.2 μmに設定した。一方、ヘッドCは、磁極の下部磁性膜に膜厚が3 μmで比抵抗が90 μΩcmのCo-Ta-Zr非晶質単層膜を用いている。

【0112】

【表7】

表 7  
試作した薄膜磁  
気ヘッド諸元

上 部 ヘ ッ ド	A	B	C	D
基 本 磁 極	NiFe	FeCoNiMo多層膜	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoTaO
磁 極 厚 み $d$ ( $\mu$ m)	3.0	2.2	3.0	—
比抵抗 $\rho$ ( $\mu\Omega\text{cm}$ )	1.6	1.6	9.0	—
出力端子数	1000	1000	1000	1000

【0113】規格化した記録磁界強度の周波数依存性の測定結果から、ヘッド効率 $\eta$ を算出した。Ni-Fe単層膜を磁極とするヘッドAは、10 MHzを超えたあたりから記録磁界強度が低下していき、100 MHzにおける強度は、低周波領域における強度の60%以下にまで減衰している。一方、ヘッドBは、透磁率および比抵抗がヘッドAに用いているNiFe膜と同等のFe-Co-Ni-Mo膜を使用しているが、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>絶縁層を介して多層化しているため渦電流損失が大幅に緩和されている。このヘッドの場合、100 MHzにおける磁界強度の減衰量は20%程度と周波数特性が改善されている。またヘッドCは、100 MHzにおいても磁界強度の減衰量はほぼ0と、優れた周波数特性が得られている。

【0114】(実施例9) 本実施例では、上部及び下部磁性膜を以下の製法によって形成した。

【0115】Ni<sup>++</sup>量: 16.7 g/l, Fe<sup>++</sup>量: 2.4 g/lを含み、その他通常の応力緩和剤、界面活性剤を含んだめっき浴において、pH: 3.0, めっき電流密度: 1.5 mA/cm<sup>2</sup>の条件でフレームめっきした上・下部磁気コアを有する誘導型の薄膜磁気ヘッドを作製した。トラック幅は4.0  $\mu$ m、ギャップ長は0.4  $\mu$ mである。この磁性膜の組成は42.4 Ni-Fe(重量%)

30

40

であり、磁気特性は飽和磁束密度( $B_s$ )が1.64 T、困難軸保磁力( $H_{CH}$ )が0.5 Oeで比抵抗( $\rho$ )は48.1  $\mu\Omega\text{cm}$ であった。

【0116】図22は記録・再生分離型薄膜磁気ヘッドの斜視図及び図23は記録ヘッドの平面図である。上部磁気コア320、上部シールド層を兼ねた下部磁気コア321、コイル325を有し、この3つで記録ヘッドを構成している。再生のための磁気抵抗効果型素子323、磁気抵抗効果型素子323にセンス電流を流すための電極324、下部シールド層322を有し、スライダ326の構成を有する。

【0117】この誘導型の薄膜磁気ヘッドを実施例1に示す磁気ディスク装置に搭載し、記録性能を評価した。媒体は外径が3.5インチ、保磁力が2500 Oeである。このような構成で評価した本発明による記録ヘッドの性能(オーバーライト特性)は40 MHz以上の高周波領域でも-50 dB程度の優れた記録性能が得られた。

【0118】(実施例10) 本実施例における磁気記憶装置は、図22に示す記録には誘導型の記録ヘッドを用い、再生に磁気抵抗効果型素子(MR素子)を用いた記録再生分離ヘッドを用いたものである。インダクティブ型ヘッドの記録磁極の上部磁性膜を前述のように形成す

50

るとともに、もう一方の記録磁極を兼ねた上部シールド層81にはFe-Co-Ni膜一層の厚みを $2.2\mu m$ としたFe-Co-Ni/A<sub>12</sub>O<sub>3</sub>/Fe-Co-Ni多層膜を用いている。なお、A<sub>12</sub>O<sub>3</sub>中間層の厚みは $0.1\mu m$ 、記録磁極のトラック幅は $3\mu m$ とした。下部シールド層82には厚みが $1\mu m$ のNi-Fe合金を用いた。磁気抵抗効果型素子86には厚みが $15nm$ のNi-Fe合金を用いており、これをソフトフィルムバイアス方式を利用して駆動している。なお、磁気抵抗効果型素子86にはNi-Fe合金のかわりにNi-Fe層、Cu層、Co層、およびNi-O系、Fe-Mn系、あるいはCr-Mn系の反強磁性膜からなるスピンドル型素子、あるいはCo-Ag、Co-Au、NiFe-Ag、Co-Cu、Fe-Agなどの合金系巨大磁気抵抗効果素子、あるいはCo/Cr、Fe/Cr、Co/Cu、NiFe/Cu系の多層膜系巨大磁気抵抗効果素子を用いることもできる。

【0119】本実施例により構成した磁気記憶装置は前述の表2と同様の仕様が達成できるものである。

#### 【0120】

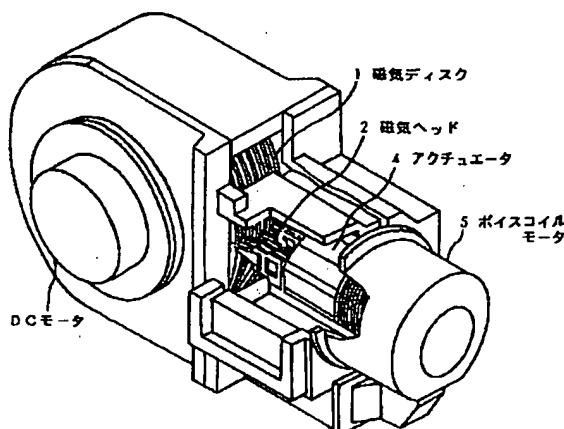
【発明の効果】本発明によれば、特定の組成で、低コストなフレームめっき法により、高保磁力媒体に対しても、かつ、高周波領域でも十分記録可能な記録ヘッドメディア転送速度 $1.5MB/s$ 以上を確保し、記録周波数 $4.5MHz$ 以上、磁気ディスクを $4000rpm$ 以上の高速で回転させることによりデータの高速転送、アクセス時間の短縮、記憶容量の増大が可能となる高記録密度磁気記憶装置が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

- 【図1】磁気記録装置の斜視図。
- 【図2】磁気記録装置の断面図。
- 【図3】磁気記録装置の正面図。
- 【図4】磁気記録装置の平面図。
- 【図5】磁気ヘッドと支持装置の組立図。

【図1】

図 1



【図6】磁気ヘッドと支持装置の組立図。

【図7】薄膜磁気ヘッドが設けられたスライダの斜視図。

【図8】記録再生分離型薄膜磁気ヘッドの斜視図。

【図9】周波数とオーバーライトとの関係を示す線図。

【図10】結晶粒径と困難軸方向での保磁力との関係を示す線図。

【図11】誘導型薄膜磁気ヘッドの断面図。

【図12】誘導型薄膜磁気ヘッドの平面図。

【図13】磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの膜構成を示す平面図。

【図14】磁気抵抗効果型ヘッドの膜構成を示す図。

【図15】磁気抵抗効果型ヘッドの膜構成を示す図。

【図16】Ni量又は(Ni/Fe)比とBs、ρ及びH<sub>ch</sub>との関係を示す線図。

【図17】Mo量とBs、ρ及びH<sub>ch</sub>との関係を示す線図。

【図18】Mo量とBs、ρ及びH<sub>ch</sub>との関係を示す線図。

【図19】周波数と( $\mu f/\mu 1MHz$ )との関係を示す線図。

【図20】薄膜磁気ヘッドの平面図。

【図21】薄膜磁気ヘッドの断面図。

【図22】記録再生分離型薄膜磁気ヘッドの斜視図。

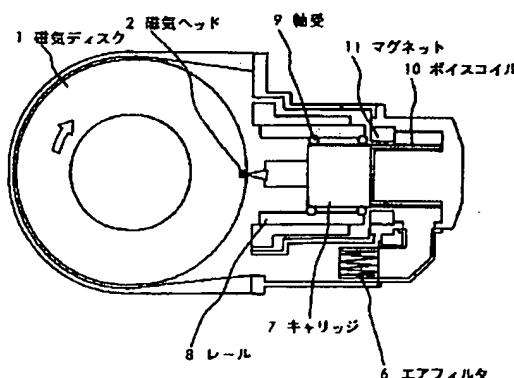
【図23】誘導型薄膜磁気ヘッドの平面図。

#### 【符号の説明】

- 1…磁気ディスク、2…薄膜磁気ヘッド、3…ジンバル系支持装置、4…位置決め装置、25…スライダ、80…基体(スライダ)、81、321…上部シールド膜、82、322…下部シールド膜、83、320…上部磁性膜、84…下部磁性膜、85、324…電極、86、110、323…磁気抵抗効果膜、87、222、325…コイル、88、221…磁気ギャップ、89…絶縁体、90…バック・ギャップ。

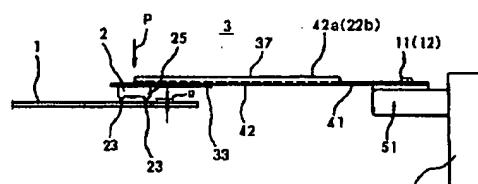
【図2】

図 2



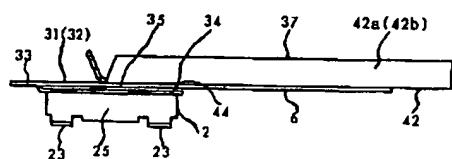
【図3】

図3



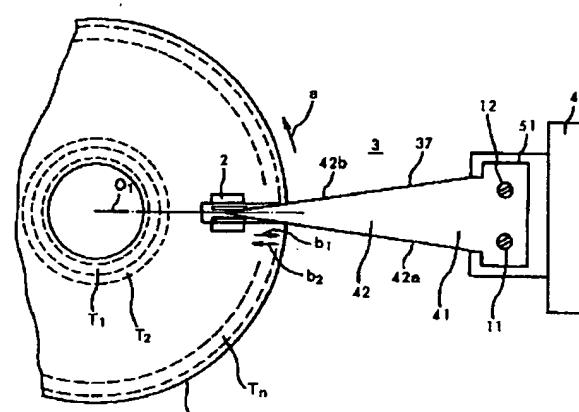
【図5】

図5



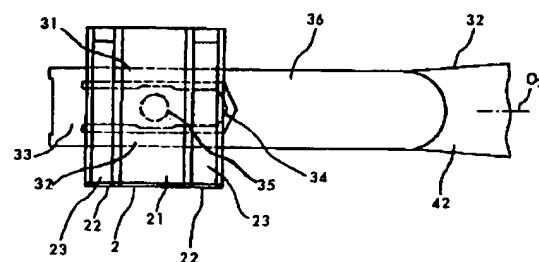
【図4】

図4



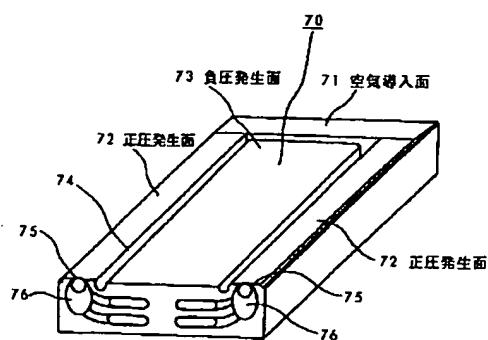
【図6】

図6



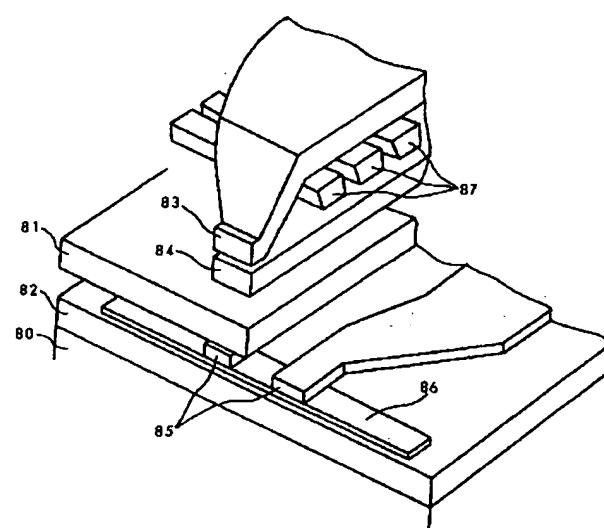
【図7】

図7

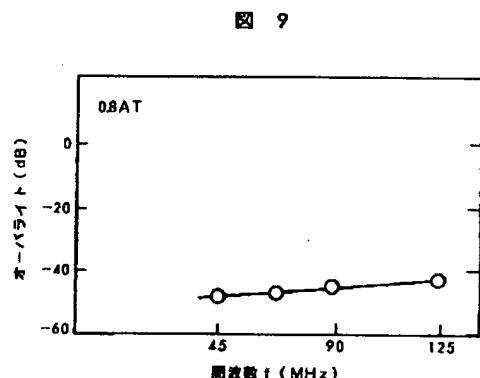


【図8】

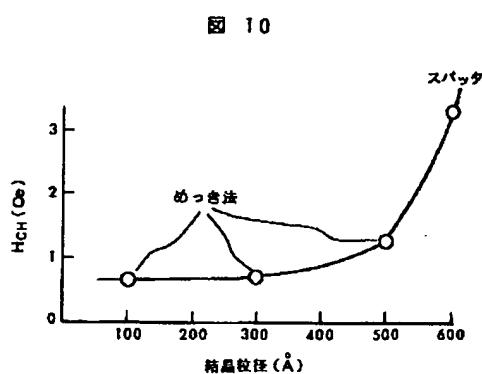
図8



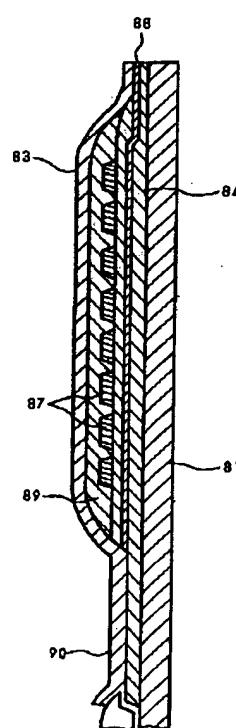
【図9】



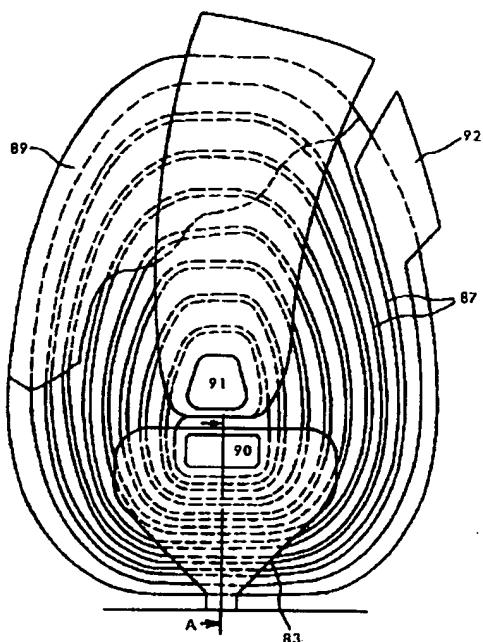
【図10】



【図11】

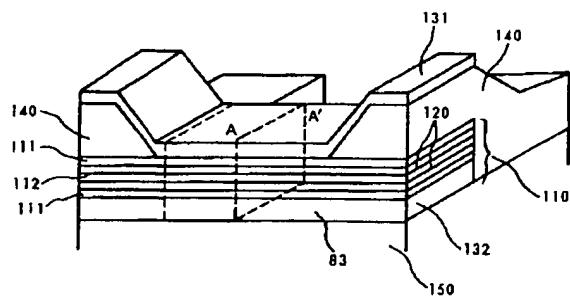


【図12】

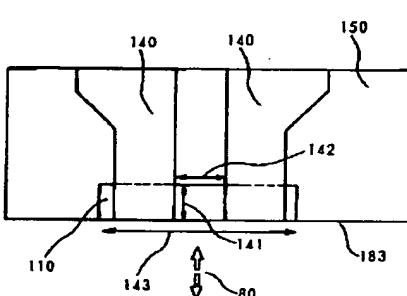


【図14】

図14

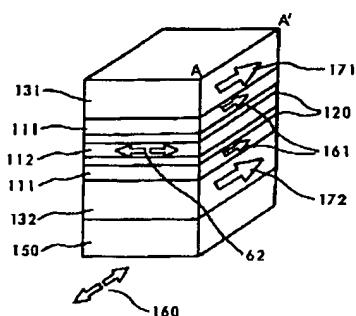


【図13】

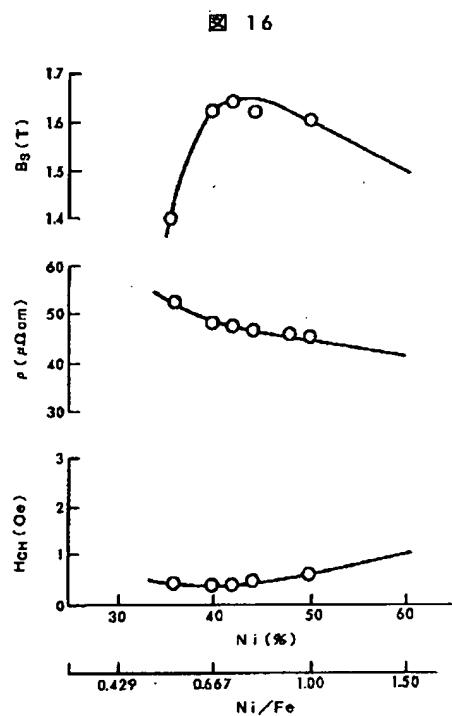


【図15】

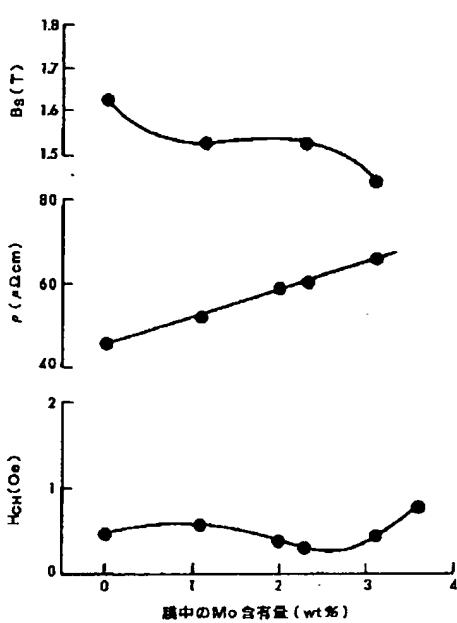
図15



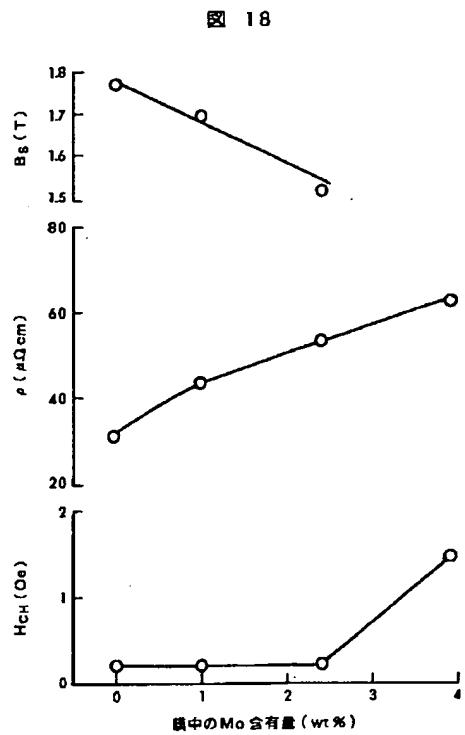
【図 16】



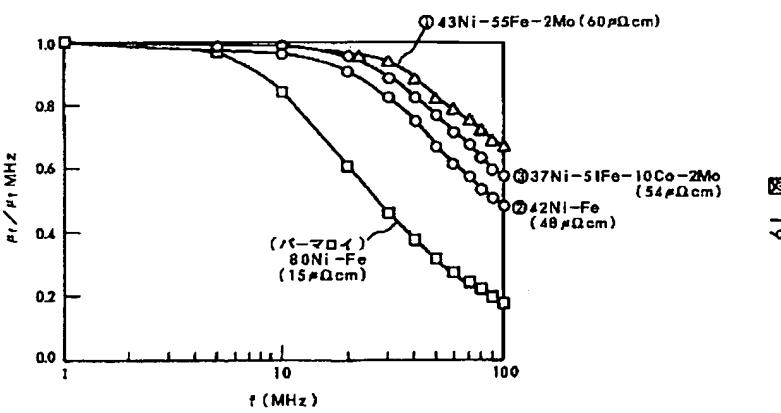
【図 17】



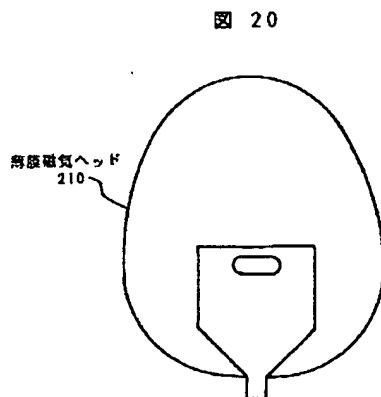
【図 18】



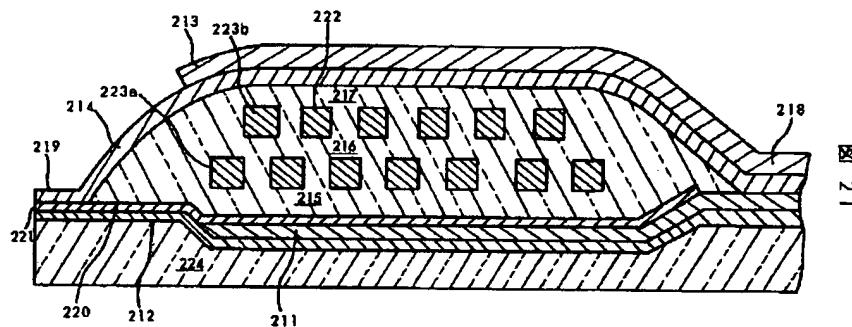
【図 19】



【図 20】

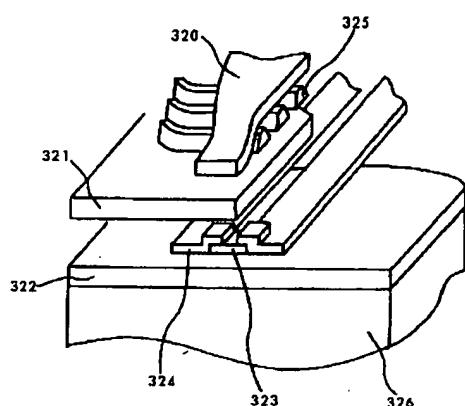


【図21】



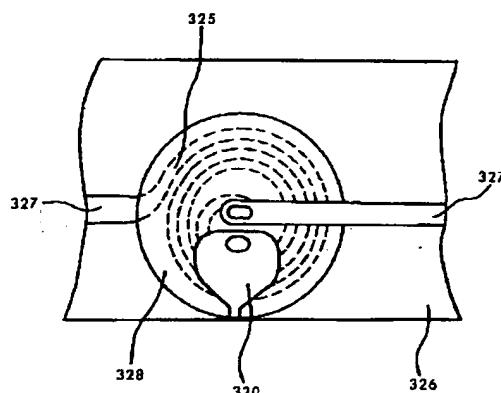
【図22】

図22



【図23】

図23



フロントページの続き

(72) 発明者 川辺 隆

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 府山 盛明

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 ▲高▼野 公史

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 山本 久乃

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 益田 賢三

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-212512  
 (43)Date of publication of application : 20.08.1996

(51)Int.CI. G11B 5/31  
 H01F 10/08

(21)Application number : 07-016666

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 03.02.1995

(72)Inventor : SANO MASAAKI

KITA YOSHIKI

NARUMI SHUNICHI

KAWABE TAKASHI

FUYAMA MORIYAKI

TAKANO KOJI

YAMAMOTO HISANO

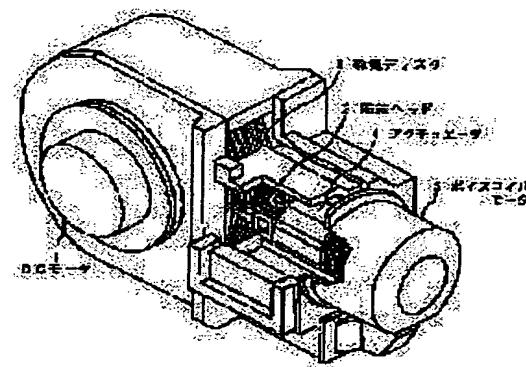
MASUDA KENZO

## (54) MAGNETIC STORAGE DEVICE AND THIN-FILM MAGNETIC HEAD USED FOR THE SAME AND ITS PRODUCTION

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a magnetic head for a high recording density in a high-frequency region, i.e., for dealing with a high speed access and high-speed transfer by specifying the material of a magnetic core for writing of a thin-film magnetic head and a magnetic storage device using the same.

**CONSTITUTION:** This device consists of a thin-film magnetic disk 1 for recording information, a DC motor for rotating this magnetic head 1, the thin-film magnetic head 2 for writing and reading the information, an actuator 4 for supporting this disk and accessing the thin-film magnetic disk 1, a voice coil motor 5, etc. At least either of the upper magnetic core and lower magnetic core of the thin-film magnetic head 2 are formed by using magnetic metallic materials having an average crystal grain of  $\leq 500\text{&angst}$ , specific resistance of  $\geq 40\mu\Omega\text{cm}$  at room temp. and coercive force of  $\leq 1.0\text{Oe}$  in a difficult axis direction. As the result, the high-speed transfer of the data, the shorter access time and the greater recording capacity are made possible to be obtained.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.11.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] The thin film magnetic disk which records information, and the rotation means of this thin film magnetic disk, In the magnetic storage possessing the thin film magnetic head which is prepared in a float-type slider and performs writing and read-out of information, and a move means to support the aforementioned float-type slider and to access to a thin film magnetic disk For the specific resistance of 500A or less and a room temperature, the coercive force of 40 or more micromegacm and difficult shaft orientations is [ either / at least / the up magnetic core of the aforementioned magnetic core for writing of the aforementioned thin film magnetic head, or a lower magnetic core / the diameter of average crystal grain ] 1.0Oe(s). From the metal magnetism material which is the following, a bird clapper Magnetic storage by which it is characterized.

[Claim 2] The thin film magnetic disk which records information, and the rotation means of this thin film magnetic disk, In the magnetic storage possessing the thin film magnetic head which is prepared in a float-type slider and performs writing and read-out of information, and a move means to support the aforementioned float-type slider and to access to a thin film magnetic disk Either [ at least ] the up magnetic core of the aforementioned magnetic core for writing of the aforementioned thin film magnetic head or a lower magnetic core is the magnetic storage characterized by the bird clapper from the electroplating thin film of a nickel-Fe system alloy which has 38 - 60 % of the weight of nickel, and 40 - 62 % of the weight of Fe(s) by the weight.

[Claim 3] In the magnetic storage in which the storage of 500 megabits or more per 1 square inch and information possessed [ the media transfer rate / the field recording density of 15 megabytes or more per for 1 second, and record data ] the disk-like magnetic disk with a diameter of 3.5 inches or less The aforementioned magnetic disk is 4000rpm at the time of record and reproduction. The thin film magnetic head which it rotates above, and record frequency is 45MHz or more, and performs the aforementioned record at least an up magnetic core It consists of a nickel-Fe system alloy which has 38 - 60 % of the weight of nickel, and 40 - 62 % of the weight of Fe(s) by the weight. For 500A or less and specific resistance, the coercive force of 40 - 60micromegacm and difficult shaft orientations is [ the thickness / 1-5 micrometers and the diameter of average crystal grain ] 1.0Oe(s). The record magnetomotive force of the following and this magnetic head for record is 0.5. Magnetic storage characterized by being more than an amp turn.

[Claim 4] The thin film magnetic disk which records information, and the rotation means of this thin film magnetic disk, In the magnetic storage possessing the thin film magnetic head which is prepared in a float-type slider and performs writing and read-out of information, and a move means to support the aforementioned float-type slider and to access to a thin film magnetic disk The aforementioned magnetic disk is 4000rpm at the time of record and reproduction. It rotates above. It consists of a nickel-Fe system alloy of the thin film magnetic head which record frequency is 45MHz or more, and performs the aforementioned record with which an up magnetic core at least has 38 - 60 % of the weight of nickel, and 40 - 62 % of the weight of Fe(s) by the weight. Magnetic storage to which the thickness is characterized by the coercive force of 40 - 60micromegacm and difficult shaft orientations being [ 1-5 micrometers and the diameter of

average crystal grain / the record magnetomotive force of 1.0 or less Oes and this magnetic head for record ] 0.5 or more amp turns for 500A or less and specific resistance.

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**DETAILED DESCRIPTION**

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] Especially this invention relates to the head for record of record / reproduction discrete-type magnetic head for high recording density about the magnetic core for the magnetic heads.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, with the raise in the recording density of a magnetic disk unit, high coercive force-ization of a record medium progresses and the thin film magnetic head which has the capacity which can be enough recorded on this high coercive force medium is demanded. For that purpose, it is required for the core materials of the magnetic head to use a high material of saturation magnetic flux density (BS). As such material, the nickel-Fe alloy film whose thickness is about 3 micrometers has been used conventionally. However, for a 16 – 20 micromegacm and low reason, eddy current loss has [ this nickel-Fe alloy film ] large specific resistance, for this reason, the record magnetic field strength in a RF field falls, and at most about 30MHz of record frequency is a limit. Moreover, although Co system amorphous materials, the Fe-aluminum-Si system SENDATO alloy thin film, etc. are proposed as a material replaced with this and the former is amorphous therefore, since a thermally unstable thing and the latter need heat treatment at the high temperature of about 500 degrees C, they have a difficulty in manufacture process as magnetic-core material for magnetic disks, and have not resulted in utilization. Moreover, recently, the Co-nickel-Fe system material of 3 yuan is proposed as a magnetic-core material for the thin film magnetic heads (JP,60-82638,A, JP,61-76642,A, JP,64-8605,A, JP,2-68906,A, JP,2-290995,A).

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] For such 3 yuan system material, saturation magnetic flux density (BS) is 1.5T. The above was not considered at all about specific resistance and the diameter of crystal grain like the nickel-Fe alloy film, although it was high, but the difficulty was in the RF property still like the nickel-Fe alloy film.

[0004] 3.5 which the storage capacity of a magnetic disk unit is increasing certainly every year, and is produced commercially on the other hand now the field recording density of inch equipment, and the maximum -- 350Mb/inch<sup>2</sup> up to -- it is raised The data-logging frequency in this case is about 27MHz, and is approaching the performance limit of the magnetic head by a conventional nickel-Fe alloy film or a conventional Co-nickel-Fe alloy film.

[0005] Moreover, although JP,3-68744,A is proposed as a magnetic film formed in 40 – 55 nickel-Fe as an object for RFs by the sputtering method which added Nb, Ta, Cr, Mo, etc., the thick-film formation by the sputtering method is difficult in magnetic properties because of material with a large crystal magnetic anisotropy.

[0006] The purpose of this invention is to offer the magnetic storage which used the object for the high recording density in a RF field, i.e., rapid access, the magnetic head dealing with fast transmission, and this.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The magnetic disk unit for having accomplished this invention in

view of the problem mentioned above, and making fast transmission and high recording density attain. Namely, for a magnetic disk unit, a magnetic disk is 4000rpm at the time of record and reproduction. It rotates above. It carries in the magnetic storage by which record frequency is set as 45MHz or more, and as the thin film magnetic head for demonstrating the performance, saturation magnetic flux density (BS) is large, and material with large specific resistance is required small [ the coercive force of difficult shaft orientations ]. Therefore, specific resistance is also high and the range of the composition field where saturation magnetic flux density is also high is nickel:38–60 % of the weight. However, membranous crystal grain becomes large, this composition field has large coercive force, when producing the magnetic film of the thick film 2 micrometers or more usually applied to the thin film magnetic head etc. by the sputtering method etc., since a crystal magnetic anisotropy is the largest range, and a uniaxial anisotropy is hard to give.

[0008] Then, take up the galvanizing method for the ability to stop crystal grain small, and addition of the 3rd element, such as Co, Mo, Cr, Pd, B, and In, is considered 38 to 60% of the weight based on the nickel–Fe system alloy of 2 yuan. The outstanding composition range and the outstanding manufacture method of a thin film of being after securing 2–5 micrometers of thickness which acquires a required record magnetic field, being more than saturation–magnetic–flux–density (BS):1.5T and less than [ coercive force (HCH):1.0Oe ], and having 40 or more micromegacm of specific resistance are found out. By using such material for the thin film magnetic head, it is field recording density:500Mb/inch<sup>2</sup>. The highly efficient magnetic storage of more than record frequency:45MHz and 15 or more MB/s of transfer rates can be offered above.

[0009] The thin film magnetic disk with which this invention records information, and the rotation means of this thin film magnetic disk, In the magnetic storage possessing the thin film magnetic head which is prepared in a float-type slider and performs writing and read-out of information and which performs especially these separately, and a move means to support the aforementioned float-type slider and to access to a thin film magnetic disk For the specific resistance of 500A or less and a room temperature, the coercive force of 40 or more micromegacm and difficult shaft orientations is [ either / at least / the up magnetic core of the aforementioned magnetic core for writing of the aforementioned thin film magnetic head, or a lower magnetic core / the diameter of average crystal grain ] 1.0Oe(s). From the metal magnetism material which is the following, a bird clapper It is in the magnetic storage by which it is characterized.

[0010] Furthermore, this invention is characterized by the bird clapper from the electroplating thin film of the nickel–Fe system alloy with which either [ at least ] the up magnetic core of the aforementioned magnetic core for writing of the aforementioned thin film magnetic head or a lower magnetic core has 38 – 60 % of the weight of nickel, and 40 – 62 % of the weight of Fe(s) by the weight.

[0011] Furthermore, for the field recording density of 15 megabytes or more per for 1 second, and record data, the storage of 500 megabits or more per 1 square inch and information is [ this invention / a media transfer rate ] a diameter 3.5. In the magnetic storage possessing the disk-like magnetic disk below an inch The aforementioned magnetic disk is 4000rpm at the time of record and reproduction. The thin film magnetic head which it rotates above, and record frequency is 45MHz or more, and performs the aforementioned record at least an up magnetic core It consists of a nickel–Fe system alloy which has 38 – 60 % of the weight of nickel, and 40 – 62 % of the weight of Fe(s) by the weight. For 500A or less and specific resistance, the coercive force of 40 – 60micromegacm and difficult shaft orientations is [ the thickness / 1–5 micrometers and the diameter of average crystal grain ] 1.0Oe(s). The record magnetomotive force of the following and this magnetic head for record is 0.5. It is characterized by being more than an amp turn.

[0012] The aforementioned magnetic core concerning this invention can contain one or more sorts of 15 or less % of the weight of Co(es), and Mo, Cr, Pd, B and In by the weight, and can contain at least 3 or less % of the weight of one side in a total amount.

[0013] Furthermore, this invention is characterized by to use the same property as the above–

mentioned, and the thing of composition for the magnetic film of the thin film magnetic head of the above-mentioned Records Department also in the magnetic storage possessing the thin film magnetic disk which records information, the rotation means of this thin film magnetic disk, the record reproduction discrete-type thin film magnetic head which is prepared in a float-type slider and performs writing and read-out of information with a separate element, and a move means support the aforementioned float-type slider and access to a thin film magnetic disk.

[0014] Furthermore, for the field recording density of 15 megabytes or more per for 1 second, and record data, the storage of 500 megabits or more per 1 square inch and information is [ this invention / a media transfer rate ] a diameter 3.5. In the magnetic storage possessing the disk-like magnetic disk below an inch The aforementioned magnetic disk is 4000rpm at the time of record and reproduction. It rotates above. Record frequency is 45MHz or more, and it has the record reproduction discrete-type thin film magnetic head which performs the aforementioned record reproduction with a separate element, and is characterized by using the property as an up magnetic core of the thin film magnetic head same at least of performing the aforementioned record, and the thing of composition.

[0015] this invention is formed on a lower magnetic film and this lower magnetic film, and an end touches the end of the aforementioned lower magnetic film. The up magnetic film which forms the magnetic circuit which the other end counters the other end of the aforementioned lower magnetic film through a magnetic gap, and has a magnetic gap in part with a lower magnetic film by this. In the thin film magnetic head possessing the coil between both magnetic films -- a passage -- a magnetic circuit -- crossing -- predetermined -- winding -- a number -- the conductor which forms a coil -- Either [ at least ] the aforementioned lower part or an up magnetic film is formed by the galvanizing method. It consists of a nickel-Fe system alloy which contains 38 - 60 % of the weight of nickel, and 40 - 62 % of the weight of Fe(s) by the weight, and, for 1-5 micrometers and the diameter of average crystal grain, the coercive force of 500A or less and difficult shaft orientations is [ thickness ] 1.0Oe(s). It is in the thin film magnetic head characterized by being the following.

[0016] this invention is formed on a lower magnetic film and this lower magnetic film, and an end touches the end of the aforementioned lower magnetic film. The up magnetic film which forms the magnetic circuit which the other end counters the other end of the aforementioned lower magnetic film through a magnetic gap, and has a magnetic gap in part with a lower magnetic film by this. In the manufacture method of the thin film magnetic head of having provided the coil between both magnetic films -- a passage -- a magnetic circuit -- crossing -- predetermined -- winding -- a number -- the conductor which forms a coil -- A plating bath contains either [ at least ] the aforementioned lower part or an up magnetic film, and metal ion concentration contains the nickel++ ion of 15 - 20 g/l, and the Fe++ ion of 2.0 - 2.7 g/l. And 7-8, the ratio (nickel++/Fe++) of nickel++ ion and Fe++ ion It is in the manufacture method of the thin film magnetic head characterized by forming by electroplating using the electroplating bath of the nickel-Fe alloy whose pH is 2.5-3.5 including a stress relaxation agent and a surfactant. It holds at 20-35 degrees C, and especially the degree of bath temperature is 5 - 30 mA/cm<sup>2</sup>. It is desirable to produce with the frame plating in a magnetic field with current density.

[0017] Furthermore, this invention is each ion of 0.4 - 0.6 g/l, and Cr, Mo, Pd, In and B about Co ion 0.1 g/l It is characterized by adding the following. Furthermore, as for this invention, it is desirable to produce by electroplating with the frame in a magnetic field.

[0018] this invention is solved by rotating the magnetic disk which designed thickness, specific resistance, and relative permeability in consideration of eddy current loss of the magnetic pole magnetic film of a recording head, and set the record frequency of data as writing and preventing change of the amount of bleeding, or an over-writing value and the row in accordance with record frequency highly, and fitted the above-mentioned head at high speed.

[0019] (1) It is desirable that a media transfer rate has a means by which the field recording density of 15 megabytes or more per for 1 second and record data becomes 500 megabits or more per 1 square inch.

[0020] (2) It is a diameter 3.5 about informational storage. When carrying out to the magnetic disk of the shape of a disk below an inch, this magnetic disk is 4000rpm at the time of record

- reproduction. It is desirable that rotate above and record frequency is set as 45MHz or more.
- [0021] (3) It is desirable to have a magnetic disk using the metal magnetic film of 2 or more kOes of coercive force.
- [0022] (4) It is desirable that the rise time of record current is set below to 5 nanoseconds (ns).
- [0023] (5) The coil for record of the induction-type magnetic head which records information on a magnetic-disk medium is formed using the thin film process, the number of terminals is 3 and, as for the inductance between each terminal, it is desirable that it is below a 1micro henry (muH).
- [0024] (6) The coil for record of the induction-type magnetic head which records information on a magnetic-disk medium is two-layer structure, the number of coils of the 1st layer coil and a two-layer eye coil is equal, and, as for the direction of a coil, it is desirable that it is a retrose mutually.
- [0025] (7) The coil for record of the induction-type magnetic head which records information on a magnetic-disk medium is one layer structure, another terminal is connected to the position (c) which is equivalent to the half of the number of coils between terminal points (b) from the coil starting point (a), and, as for the current which flows between (c)-(a) and between (c)-(b), it is desirable that it is an opposite phase mutually.
- [0026] (8) When relative permeability [ in / rho (micromegacm) and a low frequency field / the thickness of the magnetic film which constitutes record of data or the record magnetic pole of the magnetic head used for record reproduction and / for specific resistance ] is set to mu, each parameter is  $\mu\text{u}^2/\rho <= 500$ . It is desirable to have a means to satisfy a relation. / d (micrometer)
- [0027] (9) A part of record of data or record magnetic pole [ at least ] of the magnetic head used for record reproduction has multilayer structure to which the laminating of a magnetic layer and the insulating layer was carried out by turns, and the thickness is 2.7 micrometers. It is desirable that it is the following.
- [0028] (10) It is desirable that Co system amorphous alloy or Fe system amorphous alloy uses at the Fe-nickel system alloy [ of the magnetic material for record ] of at least the above-mentioned [ material / up magnetism ] of the magnetic head used for record of data or record reproduction and the lower part.
- [0029] (11) In the record magnetic pole material of the magnetic head, the thing of Zr, Y, Ti, Hf, aluminum, or the Si included for a kind at least is desirable.
- [0030] (12) It is desirable that the product with record of data or the record magnetomotive force of the magnetic head used for record reproduction, i.e., record current, and the number of coil coils is set up more than 0.5 amp turns (AT).
- [0031] (13) It is desirable that a part of [ at least ] specific resistance of record of data or the record magnetic pole of the magnetic head used for record reproduction is 40 or more micromegacm, and relative permeability is 500 or more.
- [0032] (14) The coil for record of the induction-type magnetic head which records information on a magnetic-disk medium is one layer structure. The current which another terminal is connected to the position (c) equivalent to the half of the number of coils between terminal points (b) from the coil starting point (a), and flows between (c)-(a) and between (c)-(b) is an opposite phase mutually. It is desirable to use the record reproduction discrete-type head using the spin bulb type element and the huge magnetoresistance-effect type element as the reproducing head.
- [0033]
- [Function] In a RF field with a record frequency of 45MHz or more, as for the head efficiency (efficiency which guides magnetic flux) of the magnetic head, eddy current loss becomes dominant. Therefore, although it is most effective to make thickness of a magnetic core thin in order to mitigate eddy current loss, if thickness is made thin, record magnetic fields will run short and it will become unrecordable. Coercive force: 2000 or more Oes, in order to record on the high coercive force medium of 2300 or more Oes enough especially, as for thickness, 2 micrometers or more are needed not to mention saturation magnetic flux density being high. Usually, although it is for reducing this eddy current loss, it is difficult in the head process

dealing with high recording density in dimensional accuracy to multilayer-ize. Therefore, it is required to enlarge specific resistance of a magnetic core, to reduce eddy current loss, and to lengthen the frequency characteristic of the permeability ( $\mu$ ) of a magnetic core to a RF side. [0034] In the nickel-Fe system magnetic film (thickness : 3 micrometers) of 2 yuan, saturation magnetic flux density (BS) is 1.5T at the range of 38 - 60 % of the weight of nickel. While the above is shown, specific resistance ( $\rho$ ) shows 40 - 50 micromegacm. That is, although specific resistance ( $\rho$ ) is high when nickel becomes less than 38 % of the weight, saturation magnetic flux density (BS) is 1.5T. It turns the bottom. Moreover, if nickel exceeds 60 % of the weight, saturation magnetic flux density (BS) is 1.5T too. Since it turns the bottom, it is not desirable. Especially, 40 - 50 % of the weight is desirable. The galvanizing method is good when producing the film of such composition. That is, it is because coercive force's being made small also in this large composition of a crystal magnetic anisotropy in order to make the diameter of crystal grain very detailed with electroplating, and the stacking tendency of a crystal can be lost as much as possible. For example, it is the orientation ratio of a crystal (111) / (200) < 5.0 It is desirable to make it below. nickel and Fe ion concentration of plating bath composition for producing such a film were nickel++:15 - 20 g/l and Fe++:2.0 - 2.7 g/l, and ion ratios (nickel++/Fe++) were 7-8. Moreover, the plating-current density at this time is [ 3.0 and the degree of bath temperature of 10 - 20 mA/cm<sup>2</sup> and pH ] 30 degrees C.

[0035] It is desirable, when adding at least one sort of elements of Co, Mo, Cr, B, In, and Pd, and Co maintains saturation magnetic flux density (BS) 15 or less % of the weight, as for Mo, 3 or less % of the weight maintains it more than 1.5T and 40 or more micromegacm are secured for specific resistance ( $\rho$ ) on the other hand. In Co, in the case of Mo, addition to 4.8 g/l (it is 1.9 g/l at Mo ion) is [ O / CoSO<sub>4</sub>.6H<sub>2</sub>O ] desirable in Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O at bath composition to 100 g/l (it is 21 g/l at Co ion). For example, it is Cr [Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.18H<sub>2</sub>O] instead of Mo. When it added, the almost same result was shown. There was no effect at about 10% that B, In, etc. of increase of specific resistance ( $\rho$ ) were so big. Although addition of Co falls a little, since saturation magnetic flux density (BS) increases about 10%, membranous specific resistance ( $\rho$ ) has the common use desirable [ on the other hand, ] with Mo. Moreover, since Co makes a membranous anisotropy field (HK) increase, it is desirable to stabilization of magnetic properties.

[0036] In addition, if Co becomes 15% of the weight or more, although membranous saturation magnetic flux density (BS) increases, specific resistance ( $\rho$ ) will become small too much, and unless it makes [ many ] the addition of Mo and Cr, it cannot do greatly to the value of a request of membranous specific resistance ( $\rho$ ). Therefore, membranous coercive force becomes large and is not desirable. Moreover, in order [ , such as Mo and Cr, ] to enlarge to the value of a request of specific resistance ( $\rho$ ) without already enlarging coercive force of a beam film, you may be 3 or less % of the weight.

[0037] Moreover, the same is said of additions, such as B, In, and Pd. The plating conditions in these cases are completely the same as that of the case of an above-mentioned nickel-Fe system of 2 yuan, and are good.

[0038] If RF loss ( $\tan\delta$ ) of a magnetic film assumes that it is what is depended only on eddy current loss  $\tan\delta = \mu''/\mu' = R/\omega L = \mu_0 \mu_r d^2 f / Crho$  — (1)  
It can express. Here,  $\mu'$  and  $\mu''$  are the real parts and imaginary parts of complex permeability, respectively. Moreover, C is the constant decided by the film configuration, and  $\mu_0$  is space permeability. Eddy current loss  $\tan\delta$  to frequency f if an upper formula (1) shows the relative permeability  $\mu_r$  peculiar to a magnetic film, Thickness d, and specific resistance rho It can estimate. In addition, since the change of head efficiency (efficiency which guides magnetic flux) to frequency is considered to be proportional to change of the real part of complex permeability, it computes delta from (1) formula, and it is this cos. It can ask for the frequency dependence of head efficiency by taking a component. That is, the head efficiency  $\eta$  in each frequency can be expressed with the following formula.

[0039]

$\eta = \cos [\arctan (\mu_0 \mu_r d^2 f / Crho)]$  — (2)

(2)  $\mu d^2 / \rho$  which is the value which can be found from a formula by the relative permeability  $\mu_r$  peculiar to a magnetic film, Thickness d, and specific resistance rho By specifying a value,

the head efficiency eta in the arbitrary frequency f can be extrapolated.

[0040] Field recording density is 2 500 Mb(s)/inch by writing at the time of the above-mentioned head and RF record, bleeding and combining with the magnetic disk using the metal magnetic film of 2 or more kOes of small coercive force of over-writing change. The highly efficient magnetic disk unit of the record frequency of 45MHz or more and 15 or more MB/s of media transfer rates is obtained above.

[0041] When a data bus uses Fast and Wide SCSI (Samll Computer System Interface) of 2 BAIDO width of face for an I/O interface, if a data bus uses the Fast and Wide SCSI interface of 2 BAIDO width of face, the data transfer of a maximum of 20 MB/s will become possible from the relation between the price of an I/O device, and the transfer rate per [ which constitutes an I/O device ] magnetic disk unit. In this case, if the transfer rate per magnetic disk unit is 15 or more MB/s, it understands a bird clapper as price reduction of an I/O device being possible.

[0042] Moreover, the capacity per magnetic disk unit will be Windows if there is 550MB. It becomes possible to deal with OS's (Operation Software), such as Workplace. This capacity is 3.5. In order to realize with one magnetic disk of an inch, the field recording density which can record data is 2 500 Mb(s)/inch. It is necessary to be above.

[0043]

[Example]

(Example 1) The general drawing of the magnetic disk unit which is an example of this invention, and a plan are shown in drawing 1 and drawing 2. The composition of this magnetic disk unit consists of an air filter 6 for keeping pure the magnetic head 2 for writing in, reading and carrying out the magnetic disk 1 for recording information, the DC motor (drawing ellipsis) turning around this of a means, and information and the pointing device of a means to change a position to a magnetic disk in support of this, i.e., an actuator 4 and the voice coil motor 5, and the interior of equipment etc. An actuator consists of carriage 7, a rail 8, and bearing 9, and a voice coil motor consists of a voice coil 10 and a magnet 11. The magnetic disk of eight sheets is attached in the same axis of rotation, and these drawings show the example which enlarged total storage capacity.

[0044] Similarly the front view of the magnetic recorder and reproducing device which drawing 3 requires for this invention, and drawing 4 are the plan. For 1, as for the magnetic head and 3, in drawing, a magnetic disk and 2 are [ gimbal system means for supporting and 4 ] pointing devices (actuator). The rotation drive of the magnetic disk 1 is carried out in the direction of Arrow a by the rotation drive. It is supported by means for supporting 3 and the magnetic head 2 is the rotation diameter O1 by the pointing device 4. In a top, it is an arrow b1. Or b2 It is driven and positioned in a direction and is predetermined cylinder T1 -Tn by it. It sets and magnetic recording and reproduction are performed.

[0045] A magnetic disk 1 is surface roughness RMAX. It considers as 100A or less and the desirable good medium of front-face nature 50A or less. The magnetic disk 1 has formed the magnetic-recording layer in the front face of a rigid base by the vacuum forming-membranes method. A magnetic-recording layer is formed as magnetic thin films, such as gamma-Fe 2O3 or Co-nickel, and Co-Cr. The thickness of the magnetic-recording layer formed by the vacuum forming-membranes method is 0.5 micrometers. Since it is the following, the front-face nature of a rigid base is reflected as front-face nature of a record layer as it is. Therefore, a rigid base is surface roughness RMAX. A thing 100A or less is used. As such a rigid base, the rigid base which makes a principal component glass, the soda alumino silica glass by which the chemical strengthening was carried out, or a ceramic is suitable. A magnetic-recording layer can consist of the magnetic oxides of iron and the magnetic nitrides of gamma-Fe 2O3 grade. Moreover, it is desirable in the case of a metal, an alloy, etc., for a magnetic layer to prepare an oxide layer and a nitride layer in a front face, or to use a front face as an oxide film. Moreover, use of a carbon protective coat etc. is desirable. By carrying out like this, the endurance of a magnetic-recording layer improves and the injury on a magnetic disk 1 can be prevented at the case where record reproduction is carried out by the \*\*\*\*\* flying height, and the time of contact, a start, and a stop. An oxide layer and a nitride layer can be formed by the reactant sputter, reactant vacuum evaporationo, etc. Moreover, by reactant plasma treatment etc., an oxide film oxidizes

intentionally and can form the front face of the magnetic-recording layer which becomes like Co-nickel or Co-Cr with the metal or alloy containing at least one sort in iron, cobalt, and nickel. Magnetic disks 1 may be any of the vertical recording to which the record residual magnetization of a magnetic-recording layer makes a vertical component a principal component to a film surface, and the record within a field which makes the component in a film surface a principal component. Although illustration was omitted, you may apply lubricant to the front face of a magnetic-recording layer.

[0046] Drawing 5 and drawing 6 are drawings showing the prefabricated frame structure of the magnetic head 2 and the gimbal system means for supporting 3. The magnetic head 2 makes the R/W element 22 adhere to the airstream appearance edge side of the slider 25 which becomes by the ceramic structure, and it is supported so that a load may be added to the field 24 of an opposite side in the surfacing side 23 and pitch movement and roll movement may be permitted by the means for supporting 3 driven with a pointing device 4. The R/W element 42 is a thin film formed according to the same process as IC manufacture technology.

[0047] Means for supporting 3 have structure which attached the flexible body 36 which is a sheet metal as well as the free end in the end of the longitudinal direction of a base material 37, and attached the magnetic head 2 in the inferior surface of tongue of this flexible body 36 while they attach the end of a base material 37 which becomes by the elastic metal thin film in the rigid arm section 51 attached in a pointing device 4 with the joint implements 11 and 12 and fix to it (refer to drawing 3 and drawing 4 ). The portion attached in the rigid arm section 51 serves as the elastic spring section 21, it connects with this elastic spring section 41, and the base material 37 has formed the rigid beam section 42. The rigid beam section 42 has the flanges 42a and 42b bent and formed in both sides. Two outside flexibility \*\*\*\* 31 and 32 which a flexible body 36 carries out abbreviation parallel with the longitudinal direction axis of a base material 37, and are extended, The horizontal frame 33 which connects outside flexibility \*\*\*\* 31 and 32 in the edge distant from the base material 37, It has the central tongued section 34 which has been extended so that abbreviation parallel may be carried out from the abbreviation center section of the horizontal frame 33 at outside flexibility \*\*\*\* 31 and 32, and used the nose of cam as the free end, and is constituted, and the direction with the horizontal frame 33 has attached the end of an opposite side near the free end of a base material 37 by meanses, such as welding.

[0048] The semi-sphere-like etc. salient 35 for loads is formed in the upper surface of the central tongued section 34 of a flexible body 36, and the load is told to it from the free end of a base material 37 to the central tongued section 34 by this salient 35 for loads. In the inferior surface of tongue of the central tongued section 34, the field 24 of the magnetic head 2 is fixed by meanses, such as adhesion.

[0049] It sets to this example and is above-mentioned surface roughness RMAX. The magnetic disk 1 which it has is used and the surfacing start flying height of the magnetic head 2 is set as the range of 0.01 micrometers – 0.04 micrometers. and R/W cylinder T1 –Tn prepared in a magnetic disk 1 the flying height g of the magnetic head 2 in inside and the most-inner-circumference cylinder Tn -- 0.01 micrometers – 0.04 micrometers of surfacing start flying heights from -- it sets up and drives between one several times the value of this The rotational frequency of the configuration of the slider 21 which constitutes the magnetic head 2, the load which joins the magnetic head 2 from means for supporting 3, and a magnetic disk 1 etc. is set up so that the above flying heights may be obtained.

[0050] Drawing 7 is the perspective diagram of a negative pressure slider.

[0051] The load slider 70 has the negative pressure generating side 73 surrounded by the air introduction side 71 and two positive pressure generating sides 72 and 72 which generate buoyancy, and consists of slots 74 where a level difference is larger than the negative pressure generating side 73 on the boundary of the air introduction side 71 and two positive pressure generating sides 72 and 72, and negative pressure generating sides 73 further. In addition, in the air defluxion edge 75, it has the thin film magnetic-head element 76 which performs informational record reproduction to a magnetic disk.

[0052] Although the air introduced from the air introduction side 71 at the time of surfacing of the negative pressure slider 70 expands in respect of [ 73 ] negative pressure generating, since

the flow of the air which goes to a slot 74 in that case is also made, the flow of the air which goes to the air defluxion edge 75 from the air introduction side 71 exists also in the interior of a slot 74. Therefore, though the dust which floats in air is introduced from the air introduction side 71 at the time of surfacing of the negative pressure slider 70, it will be introduced inside a slot 74, and it will be washed away by the flow of the air of the slot 74 interior, and will be discharged out of the negative pressure slider 70 from the air defluxion edge 78. Moreover, since the flow of air always exists in the slot 4 interior at the time of surfacing of the negative pressure slider 70 and there is no stagnation etc., dust does not condense.

[0053] Drawing 8 is the conceptual diagram of the record reproduction discrete-type head in which the head for record was formed. A record reproduction discrete-type head consists of the shield section for preventing derangement of the reproducing head by the recording head of the inductive mold which used the element of this invention, the reproducing head, and the leakage magnetic field. Although here showed loading with the recording head for level magnetic recording, the magnetoresistance-effect element of this invention may be combined with the head for vertical magnetic recordings, and may be used for vertical recording. A head comes to form the lower shield film 82, the magnetoresistance-effect film 86 and an electrode 85, the reproducing head that consists of an up shield film 81, and the recording head which consists of the lower magnetic film 84, a coil 87, and an up magnetic film 83 on a base 80. By this head, a signal is written in on a record medium and a signal is read in a record medium. A part for the sensor of the reproducing head and the magnetic gap of a recording head are forming in the position piled up on the same slider in this way, and can do positioning for the same truck simultaneously. This head was processed into the slider and it carried in the magnetic recorder and reproducing device.

[0054] In this example, the upper part and the lower magnetic film of a recording head of an inductive mold were formed by the following processes.

[0055] The amount of nickel++: Set to the plating bath containing the usual stress relaxation agent and the surfactant, including 16.7 g/l and amount [ of Fe++ ]:2.4 g/l, and they are pH:3.0 and plating-current density:15 mA/cm<sup>2</sup>. The thin film magnetic head of the induction type which has - [ after carrying out frame plating on conditions ] lower magnetic core was produced. The width of recording track is 4.0 micrometers, and gap length is 0.4 micrometers. composition of this magnetic film — 42.4 nickel-Fe (% of the weight) — it is — magnetic properties — saturation magnetic flux density (BS) — 1.64T and difficult shaft coercive force (HCH) — 0.5Oe (s) — specific resistance (rho) — 48.1micromegacm it was . They are the up magnetic core 83, the lower magnetic core 84 which served both as the up shield layer, and a coil 87. It has the composition of the electrode 85 for passing sense current for the magnetoresistance-effect type element 86 for reproduction, and a magnetoresistance-effect type element, the lower shield layer 82, and a slider 80.

[0056] The performance (over-writing property) of the recording head by this invention evaluated by such composition is shown in drawing 9 . The outstanding record performance of about -50dB was obtained also in the RF field 40MHz or more.

[0057] Drawing 10 is 1.0Oe(s), if the relation of the difficult shaft coercive force of a magnetic film and the diameter of average crystal grain which were obtained by the galvanizing method acquired by this example and the sputtering method is shown and the diameter of crystal grain is made into 500A or less. It turns out that the following low coercive force is obtained.

[0058] Furthermore, the nickel-Fe alloy thin film which consists of 70 – 80 % of the weight of nickel and the remainder Fe by electroplating like \*\*\*\*, or this alloy thin film can also be formed in a lower magnetic film by sputtering using an alloy target.

[0059] Although cross section and drawing 12 of drawing 11 of a recording head of this invention are the plan, this thin film head consists of the lower magnetic film 83 and the up magnetic film 84 which consist of an up shield film 81 and the above-mentioned magnetic film to which it adhered on it. [ of an inductive mold ] Drawing 11 is the A-A cross section of drawing 12 . It adheres to the nonmagnetic insulator 89 among layers 83 and 84. Some insulators specify a magnetic gap 88 and this interacts by the magnetic medium put on the air bearing relation for example, by common knowledge technology, and the conversion relation. The base material 80

has the form of a slider where it has an air bearing front face (ABS), and this approaches the medium of the disk which rotates during disk file operation, and has a surfacing relation.

[0060] The thin film magnetic head has the back gap 90 made by the upper part 83 and the lower magnetic film 84. The back gap 90 is separated from the magnetic gap with the intervening coil 87.

[0061] The continuous coil 87 is the layer made on the lower magnetic layer 84 with plating, and carries out the electromagnetic coupling of these. There is electric contact 91 in the center of the coil with which the coil 87 is filled up with the insulator 89, and there is a zone same and still bigger as electric contact 92 to the heel end point of a coil. The contact is connected to the external electric wire and the reading write-in signal-processing head circuit (illustration abbreviation).

[0062] In this invention, the cross section becomes large gradually as the coil 87 made from the single layer has the ellipse form distorted a little, arrangement of the portion with the small cross section will be carried out most soon at a magnetic gap and the distance from a magnetic gap becomes large.

[0063] The back gap 90 is carrying out the position relatively [ ABS / of a magnetic gap ] soon. However, several ellipse form many coils are comparatively densely contained between the back gap 90 and the magnetic gap 88, and the width of face or the cross-section diameter of a coil is small in this zone. Furthermore, the big cross-section diameter in the furthest portion from a magnetic gap brings about reduction in electric resistance. Furthermore, an ellipse (ellipse) form coil has neither an angle nor a sharp corner nor an edge, but has little resistance to current. Moreover, elliptical has few overall lengths of a conductor compared with a rectangle or a circular (annular) coil, and ends. As a result of these advantages, there is comparatively little total resistance of a coil, there is little generation of heat, and moderate thermolysis nature is obtained. In heat, by considerable-amount \*\*\*\*\*'s, layer collapse of a thin film layer, extension, and expansion are prevented, and the cause of the ball chip protrusion by ABS is removed.

[0064] The ellipse form coil configuration where change of width of face progresses to homogeneity mostly can adhere with the conventional plating technology cheaper than sputtering, vacuum evaporation, etc. With the coil of a form with other configurations, especially an angle, plating adhesion tends to become the structure of uneven width of face. Removal of an angle or the sharp edge section gives only few mechanical stress with the done coil.

[0065] In this example, the wound coil was mostly formed between magnetic cores with elliptical, the diameter of a coil cross section is spreading gradually towards the back gap from the magnetic gap, a signal output increases and generation of heat decreases.

[0066] Drawing 13 is a conceptual diagram showing the composition on the base side of the magnetoresistance-effect element of this invention formed in the lower part of the above-mentioned inductive head. The magnetoresistance-effect film 110 is formed on a base 150 along the field 163 which opposes a record medium at the long strip of paper of the width of face 143 of an element. A convention of this configuration is effective in giving a moderate shape anisotropy in the perpendicular direction to the direction 160 which the magnetic field which should be sensed on the magnetoresistance-effect film 110 requires. On the magnetoresistance-effect film 110, resistance change produced by the magnetic field concerning a part for the magnetic field sensor which has the size of the width of face 141 of a direction parallel to record-medium 191 front face and the width of face 142 of a perpendicular direction through current by the electrode 140 which comes to contact electrically is obtained as an output.

[0067] Although the edge of a magnetoresistance-effect element serves as a configuration exposed to the confrontation side with a record medium in this conceptual diagram, the yoke-like soft magnetic material which draws the magnetic field from a record medium is arranged from a confrontation side, and if it is made to combine with the magnetoresistance-effect element installed inside magnetically, the mechanical endurance of an element will increase.

Magnetic-path resistance of a yoke can be decreased by making MR height of an element small especially, and sensitivity can be improved.

[0068] The magnetoresistance-effect element of this invention has composition like drawing 14. On a base 150, the laminating of the magnetoresistance-effect film 110 132, i.e., a bias film, a

magnetic film 111, the nonmagnetic electric conduction film 120, a magnetic film 112, the nonmagnetic electric conduction membrane layer 120, the magnetic-film layer 111, and the bias film 131 is carried out, and it comes to join an electrode 140 electrically. Although, as for the element composition of drawing 12, the electrode 140 is installed in the bottom of the bias film 131, this serves as an example of effective structure, when an insulator like nickel oxide is used for example, for an up bias film.

[0069] An electrode may form only in a part, other structures, for example, bias film, and may form an electrode 140 from on the. Or there is also the method of sticking to this directly using a conductive bias film, for example, FeMn, a CoPt film, etc., and forming an electrode.

[0070] Although current leads the magnetic film which impressed the anisotropy with this element strong against a bias film therefore, and the magnetic film which impressed the weak anisotropy on a uniaxial anisotropy, a shape anisotropy, or the soft film bias compared with the aforementioned anisotropy, it is having carried out the laminating by turns through the nonmagnetic electric conduction film so that a magnetic combination might not be produced mutually. The impression direction of the anisotropy is described especially below.

[0071] Drawing 15 is the conceptual diagram showing the example of anisotropy control of the magnetoresistance-effect element of this invention, and is the perspective diagram of the element portion shown by A-A' in drawing 14. The bias films 131 and 132 impress the anisotropy by switched connection in the direction of the arrows 171 and 172 in drawing. The direction of the magnetic field which should sense the arrow 160 in drawing, and an arrow 161 show the direction of the 1 direction anisotropy guided to the magnetic film 111. The easy magnetization direction of the magnetic film 112 inserted into the nonmagnetic electric conduction film 120 is impressed in the direction of the arrow 162 in drawing by guidance of a uniaxial anisotropy. This is attained by impressing a magnetic field in the predetermined direction during growth of a magnetic film. The example of this view is an example which realized impression of an anisotropy by the bias film and the induced magnetic anisotropy. As a result, both the arrows 161 and 162 intersect perpendicularly mutually within a film surface. As compared with the size of the magnetic field which should be sensed, by making the anisotropy of a magnetic film 112 small for the anisotropy of a magnetic film 111 greatly, magnetization of a magnetic film 111 is mostly fixed to an external magnetic field, and only magnetization of a magnetic film 112 comes to react greatly to an external magnetic field. Therefore, magnetization of a magnetic film 111 is in the state of the easy shaft excitation with parallel magnetization and external magnetic field in the state of the difficult shaft excitation with perpendicular magnetization and external magnetic field conversely with the anisotropy 161 at the anisotropy of a magnetic film 112 to the magnetic field which furthermore starts in the direction of an arrow 160 and which should be sensed. While the above-mentioned response is made to a still more remarkable thing according to this effect, to an external magnetic field, with the direction as the starting point of an arrow 162, the state where an element drives by the difficult shaft excitation by rotation can be realized, and magnetization of a magnetic film 112 can prevent the noise accompanying excitation by magnetic-domain-wall movement, and can enable operation by the RF.

[0072] As example with the another magnetoresistance-effect element of this example, it is the example which realized impression of an anisotropy by the hard magnetism film of two kinds of different bias films, i.e., an antiferromagnetism film. On a base 150, the laminating of the antiferromagnetism film 132, a magnetic film 111, a nonmagnetic membrane 120, a magnetic film 112, and the hard magnetism film 133 is carried out, and it comes to connect an electrode. Each has stuck the antiferromagnetism film 132 and the hard magnetism film 133 to the two-layer magnetic film 111,112 separated by the nonmagnetic membrane, heat treatment among a magnetic field or magnetization processing is carried out in the directions 172 and 173 which were parallel and went direct to the direction 160 of the magnetic field which should be sensed, and magnetization of a magnetic film 111,112 is guided in the direction of an arrow 161,162, respectively. As for an antiferromagnetism film, a cobalt platinum alloy etc. is used, as for nickel oxide and a hard magnetism film. Even if reverse and the guidance direction of each magnetization has the reverse position of a hard magnetism film and an antiferromagnetism film, there is an equivalent effect.

[0073] The film which constitutes the magnetoresistance-effect element of this example was produced as follows by the RF magnetron sputtering system. In 3mm the atmosphere of a toll of argons, on a ceramic substrate and Si single crystal substrate with 1mm [ in thickness ], and a diameter of 3 inches, the laminating of the following material was carried out to order, and they was produced. The target of nickel oxide, cobalt, a nickel-20at% iron alloy, and copper was used as a sputtering target. addition of the cobalt to the inside of nickel-iron -- nickel-20at% -- the chip of cobalt has been arranged on an iron-alloy target Moreover, for addition of the nickel to the inside of cobalt, and iron, the chip of nickel and iron has been arranged on a cobalt target. The cascade screen impressed RF power to the cathode which has arranged each target respectively, it generated plasma, opened and closed every one shutter arranged for every cathode, and formed each class one by one in equipment. While impressing the magnetic field of about 50 oersteds in parallel with a substrate using two pairs of electromagnets which intersect perpendicularly in a substrate side at the time of film formation and giving the uniaxial anisotropy, the direction of the switched connection bias of a nickel oxide film was guided in each direction.

[0074] Guidance of an anisotropy was performed with two pairs of electromagnets attached near the substrate by adding a magnetic field in the direction which should be guided at the time of formation of each magnetic film. Or heat treatment among a magnetic field was performed near the Neel temperature of an antiferromagnetism film after multilayer formation, and the direction of antiferromagnetism bias was guided in the direction of a magnetic field.

[0075] Evaluation of the performance of a magnetoresistance-effect element carried out patterning of the film to the shape of a rectangle, and was performed by forming an electrode. It was made for the direction of the uniaxial anisotropy of a magnetic film and the direction of current of an element to become parallel at this time. Through current fixed between electrode terminals, electric resistance impressed the magnetic field in the direction perpendicular to the direction of current in the field of an element, measured the electric resistance of an element as voltage between electrode terminals, and has sensed it as magnetic-reluctance rate of change.

[0076] The property of an element was expressed with resistance rate of change and the saturation magnetic field in Table 1. The reproduction output as an element corresponds to the size of this resistance rate of change, and sensitivity corresponds to the smallness of a saturation magnetic field, respectively. that in which especially magnetic-resistance-element No.1-5 have good magnetic properties with 4% or more of resistance rate of change so that clearly from the result of Table 1 -- it is -- No. -- compared with 6 and 7, it excels in resistance rate of change Especially sample No.1, and 2 and 4 show 7% of high output from the good magnetic field sensitivity and the resistance rate of change 6 of about ten oersteds of saturation magnetic fields.

[0077]

[Table 1]

試料	膜の構成 / 厚さ (Å)	抵抗変化率(%)	飽和磁界(Oe)
No. 1	NiO/NiFe/Cu/NiFe/Cu/NiFe/NiO 300/ 60 /21/ 40 /21/ 60 /300	6.5	12
2	NiO/Co/Cu/NiFe/Cu/Co/NiO 300/50/21/ 40 /21/50/300	7.2	13
3	NiO/NiFe/Cu/NiFe/Cu/NiFe/Cu/NiFe/NiO 300/ 60 /21/ 40 /21/ 40 /21/ 60 /300	5.5	11
4	NiO/Co/Cu/Co/NiFe/Co/Cu/Co/NiO 300/80/21/15/ 40 /15/21/80/300	7.5	16
5	NiO/NiFe/Cu/NiFe 300/ 60 /21/ 40	4.5	15
6	NiFe/Cu/NiFe/NiO 60 /21/ 40 /300	3.0	14
7	NiFe/Cu/NiFe/FeMn 60 /21/ 40 /150	3.9	10

●

●

●

[0078] In the magnetic storage in this example, although the field inserted into the electrode 85 of a couple became regenerative-track width of face, this could be 2 micrometers. At the time of record, the number of turns passed the current of 15mAop(s) in the coil 87 of 20, and recorded

arbitrary information on the medium magnetic layer, on the other hand, the 8mA direct current was impressed to lead wire at the time of reproduction, and the disclosure magnetic field from a medium magnetic layer was detected.

[0079] For the coercive force of the direction of a record bit, 2100 oersteds and a coercive force orientation ratio are this magnetic head 1.2 3.5 which uses CoCrTa (the addition of Cr is 16 atomic %) as a record layer Magnetic storage was constituted combining the magnetic disk of an inch. In addition, product Br-delta of the residual magnetic flux density of a magnetic-disk record layer and thickness which were used here is 100 gauss andmum. The specification of the magnetic storage constituted by this example is shown in Table 2.

[0080]

[Table 2]

表 2

録再分離型ヘッドを用いた3.5インチ装置仕様

記憶容量(フォーマット時)	5.5 GB
ディスク枚数	4
データ面数	8
ヘッド数	8
トラック数／ディスク面	7378
最大線記録密度	170 k BPI
トラック密度	8.3 k TPI
回転数	4491 RPM
記録周波数	80.0 MHz
転送速度(to/from Media)	18 MB/sec

[0081] (Example 2) Drawing 6 shows the relation between composition and magnetic properties of the magnetic film which changed and galvanized various the metal ion concentration of nickel++ of a plating bath, i.e., the amounts, and the amounts of Fe++, and specific resistance (rho). nickel++ used NiCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, and Fe++ used FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, in addition the usual stress relaxation agent and the surfactant were added. pH: 3.0, the degree of bath temperature: It galvanized on condition that 30 degrees C and plating-current density:15 mA/cm<sup>2</sup>. Thickness is 3.0 micrometers.

[0082] It turns out that the property was excellent in saturation magnetic flux density (BS) with 1.5 or more, and membranous nickel content was [ property ] excellent in specific resistance (rho) with more than double precision as compared with 80 nickel-Fe permalloy film with which saturation magnetic flux density (BS) is known more than with 1.5T, and specific resistance (rho) is conventionally known for 38 - 60% of the weight of the range well with 40 or more microomegacm is shown. Moreover, difficult shaft coercive force (HCH) is as small as 1 or less Oe almost like 80 nickel-Fe permalloy film. Although the inclination of saturation magnetic flux density (BS) and specific resistance (rho) is almost the same compared with the value of bulk material, the amount which falls as nickel content increases is small. This is because the diameter of crystal grain is as remarkable as 40-80A and small compared with bulk material.

[0083] Such a property is plating-current density to 2.5 to about 3.5 about pH 5 - 30 mA/cm<sup>2</sup> Even if changed into the range, there was no big change. Although changed into the range of 25-35 degrees C also about the degree of bath temperature, nickel content was not what influences the property itself in the grade which increases a little, so that temperature became high.

[0084] Although the magnetic film in this example is suitable for the combination using the Fe-nickel system alloy which contains 70 - 80 % of the weight of nickel in the up magnetic core of the inductive mold thin film magnetic head, and the lower part, it can use also for both of a vertical magnetic core.

[0085] As especially shown in drawing 16 , it is BS in 40 - 50 % of the weight of nickel. 1.6T That in which the highest value is shown and a membranous ratio (nickel/Fe) has the combination of nickel and Fe of 0.667-1.00 is desirable. In addition, the ratios (nickel/Fe) of the film in 38 - 60 %

of the weight of nickel are 0.613–1.50.

[0086] (Example 3) Drawing 17 is as a result of [ about the magnetic properties and specific resistance (rho) of the magnetic film which made the system (nickel44 % of the weight–Fe) alloy contain Mo ] examination.

[0087] That is, the magnetic properties and specific resistance (rho) of a magnetic film at the time of adding Mo as an element which makes specific resistance (rho) increase to the plating bath containing amount [ of nickel<sup>++</sup> ]:16.7 g/l and amount [ of Fe<sup>++</sup> ]:2.2 g/l are shown. Mo is Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O. A maximum of 5 g/l addition was used and carried out. By adding Mo shows that the specific resistance (rho) of a magnetic film increases in proportion to an addition. For example, the specific resistance (rho) of a magnetic film shows the value of 3 times or more of about 60 or more micromegacm and 80 nickel–Fe permalloy film by addition Mo:2% of the weight. Then, saturation magnetic flux density (BS) stops at 1.50T and about 5% of fall about, and is 1.5 of 80 nickel–Fe permalloy film. The value beyond twice is maintained. however --- if an addition becomes 3% of the weight or more (Mo is 5 or more g/l at Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O) --- coercive force (HCH) --- 1 or more Oes --- a bird clapper --- \*\* --- saturation magnetic flux density (BS) -- 1.5T It becomes the following and is not desirable.

[0088] Although Cr was also examined instead of Mo, the effect was the same as that of Mo almost.

[0089] The magnetic film in this example as well as the above-mentioned example can be used.

[0090] (Example 4) Drawing 18 is as a result of [ at the time of similarly adding Co and Mo ] examination in order to increase further saturation magnetic flux density (BS) and specific resistance (rho), without spoiling the magnetic properties of the 15 % of the weight–Mo magnetic film of (nickel44 % of the weight–Fe)–Co(es). In addition of Co, it is CoSO<sub>4</sub>–. Addition of Mo used Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O like the example 3 using 7H<sub>2</sub>O. It is an example at the time of presupposing that the addition of Co is fixed 13% of the weight (it is 100 g/l at CoSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O), and Mo was added to 4 % of the weight to this. Consequently, the saturation magnetic flux density (BS) of a magnetic film is 1.78T by adding Co 13% of the weight. Although it increases about 10%, specific resistance (rho) will be reduced 35micromegacm and about 30%. Therefore, by adding Mo, specific resistance (rho) is recovered and is 2.5. Specific resistance (rho) serves as about 55 micromegacm by weight % addition, and about 20% of increase is shown conversely. Saturation magnetic flux density (BS) is 1.55T then. A high value is shown compared with a film without Co. Moreover, since addition of Co increases a membranous anisotropy field, there is in the direction stable also in magnetic properties.

[0091] The magnetic film in this example as well as the above-mentioned is applicable.

[0092] (Example 5) Drawing 19 is the result of measuring the frequency characteristic of the permeability (mu) of the typical magnetic film produced by the manufacture method shown in examples 2–4, and standardizing with each value of mu of 1MHz. It measured also about 80 nickel–Fe permalloy as a comparison sample. All thickness is 3 micrometers. It turns out that frequency (f) when the thing of 48 – 60micromegacm of the specific resistance in this example makes the fall to the frequency (f) of permeability (mu) 25% (namely, 75% of initial value) is extended about 3 to 5 times compared with 40MHz – 70MHz and 15MHz of a permalloy, and the frequency characteristic is improving.

[0093] (Example 6) Drawing 20 and drawing 21 are the cross sections of the induction-type thin film magnetic head which has the two-step coil used for the upper part and the lower magnetic film like the example 1 as a magnetic film concerning this invention. As shown in drawing, this thin film magnetic head 210 contains the lower part and the up magnetic film which were formed from the layers 212 and 214 of two sheets of magnetic materials, such as a permalloy. It adheres to layers 212 and 214 in two stages which contain the plastic surgery layers 211 and 213, respectively. These layers 212 and 214 are separated by insulating layers 215,216 and 217 except for the posterior part gap field 218 which touches physically, and the proximal region 219 separated by the thin film 220 of a non-magnetic material in order to form a magnetic gap 221. The flat electric conduction coil 222 is formed in the layer 212 of the magnetic substance, and the space between 214. The coil 222 has two or more volume 223a in the layer of two sheets to which it adhered by the ellipse form pattern between the layer 215,216 of an insulating material,

and 217, or 223n. The edge of the gap 221 for conversion is in agreement with the air bearing side (ABS) formed on the substrate 224 of the non-magnetic material to which the above-mentioned layer is made to adhere. The gap 221 for conversion interacts by a magnetic-recording medium (not shown) and air bearing relations, such as a rotating magnetic disk. When a disk rotates, the head flies the air bearing side (ABS) very near the disk recording surface.

[0094] In order to manufacture this thin film magnetic head and to give the thin adhesion layer of the pole piece proximal region 219, a magnetic layer 212 and the plastic surgery layer 211 are adhered on a substrate 224 using a suitable mask. And except for the portion of the posterior part gap field 218, it adheres to a non-magnetic layer 220 on a layer 211 and 212. And except for the place of a magnetic gap 221, it adheres to the 1st insulating layer 215 above a layer 220. Electroplating adheres to coil 223a of the shape of an ellipse swirl of the 1st layer of a continuous and flat conductor, or 223n on an insulating layer 215. It adheres to an insulating layer 216 above the 1st layer of a coil, adheres to the coil of the 2nd layer of a coil, and adheres to an insulating layer 217 above the coil. And except for the place of the posterior part gap field 218 which contacts a magnetic layer 212 physically, it adheres to a magnetic layer 214 above the insulated coil as above-mentioned.

[0095] The nose of cam 219 of a pole piece has the width of face W of the simultaneously regularity chosen beforehand. It is somewhat narrow in whether this width of face W is almost the same as the width of face of the truck on the corresponding magnetic medium which can be rotated. The step which the width of face W which the pole piece nose of cam chose is obtained by cutting off a pole piece nose of cam, and cuts off the pole piece nose of cam is performed before the step which adheres the plastic surgery layer 213 for the 2nd magnetic layer 214. Thus, if a process is changed, cutting at the nose of cam of a pole piece will become possible in a precision far higher than the conventional process.

[0096] After adhering a magnetic layer 214, and before adhering the plastic surgery layer 213, a thin-film-head assembly is covered with the photoresist mask 230. And by the either side of the pole piece proximal regions 219 of the head, a window (aperture) 232 is formed into a photoresist mask. The head by which the mask was carried out receives an ion MIRINDA process. The portion which has not carried out the mask of in process [ the ] and the head is etched, and it cuts off to the width of face of a request as shows a pole piece nose of cam to drawing 5 .

[0097] An ion MIRINDA process has the almost same influence as usual on the field processed, and it is made for this to also make the head structure which has not carried out a mask with the mask of a photoresist etch. This carries out the reattachment of the matter etched from the head again to the head structure where it was etched on the portion of the remainder of the mask, and in front of it. From this reason, an ion milling process is performed in two stages. At the 1st step, the head structure which has not carried out a mask is etched to a substrate 224 through a magnetic layer 14, the nonmagnetic gap layer 220, and a magnetic layer 212. In order to remove this material completely, as for the 1st step, it is desirable to perform to the grade which etches too much for a while into a substrate 224. The 2nd step in this ion milling process is prepared in order to remove all reattachment matter, for example, it receives perpendicularly, and is performed at the big angle of 75 – 80 degrees. In the example with a suitable ion milling step, the etching speed for the permalloy magnetic material of about 550A is obtained per minute by about 2W [ per 1 cubic centimeter ] power flux density. A photoresist is removed, it adheres to the plastic surgery magnetic layer 213, and the thin film magnetic head is completed.

[0098] This photoresist mask is etched into an ion milling process, and the thickness of the resist of the upper part of this head becomes thinner than the thickness of the photoresist above a pole piece field according to the appearance of a magnetic layer 214.

[0099] The thin film magnetic head manufactured by this invention is the yoke structure of having a posterior part gap field at the end at the magnetic gap for conversion (transducer), and the other end, and is the composition of having made the above-mentioned yoke structure of having the electric conduction coil for energizing a magnetic yoke to which it adhered between the magnetic gap of the yoke structure, and the posterior part gap field forming in the layer of the magnetic material of two sheets.

[0100] The magnetic storage constituted using the thin film magnetic head produced by this

example is described. For the magnetic disk unit by this example, an outer diameter is about 3.5 as mentioned above. It has the spindle for rotating the magnetic disk of an inch, and a disk, the positioning mechanism of the magnetic head, and housing. one's record reproduction type head to which the magnetic head used the induction-type element for record reproduction -- it is -- the width of recording track -- 5.0 micrometers it is . the upper part and the lower magnetic film of a head -- saturation magnetic flux density -- 1.3 a tesla --  $\rho = 60 \text{ micro omegacm}$  of specific resistance, relative permeability  $\mu_r = 1000$ , and the (nickel44 % of the weight-Fe) -2-% of the weight Mo alloy thin film of  $d = 3$  micrometers of thickness -- using -- gap length -- 0.4 micrometers it is . In addition, in the magnetic pole of a head, saturation magnetic flux density is 1.6T. An equivalent effect can be acquired even if it uses the thin film which contains ZrO<sub>2</sub> whose particle size is 2nm - 3nm, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, HfO<sub>2</sub> and aluminum 2O<sub>3</sub>, or SiO<sub>2</sub> in the same plating thin film of a nickel-Fe system alloy or Fe-Co-nickel/aluminum2O<sub>3</sub> / Fe-Co-nickel multilayer, and a nickel-Fe thin film. In addition, when making the oxide in a magnetic film mix, this particle size is 0.5nm - 5nm. Between is desirable. This is because only the specific resistance of a magnetic film can be raised without following saturation magnetic flux density or the remarkable fall of \*\*\*\*\* within the limits of this particle size. In addition, while specific resistance increases up to about 60 micromegacm by making a Fe-nickel alloy thin film contain the above oxides, relative permeability shows good \*\*\*\*\* 1000 order. On the other hand, when applying the NiFe thin film which does not contain an oxide to the record magnetic pole of a head, a RF property can be improved by lowering relative permeability to 500 or less. However, the record magnetomotive force of a head is 0.5ATs in this case. It is necessary to set up above.

[0101] For the coercive force of the direction of a record bit, in the record layer of a magnetic disk (11), 2100 oersteds and a coercive force orientation ratio are 1.2. CoCrTa (the addition of Cr is 16at(s)% ) is used. Product Br-delta of the residual magnetic flux density and thickness in this magnetic disk is 300 gauss andmm. By using this record medium, it becomes possible to reduce sharply the improvement in a track-recording-density property, and the medium noise in a high track-recording-density field. In addition, a bit error rate decreases that medium coercive force is 200 or less oersteds, and equipment operating becomes impossible.

[0102] The rotational frequency of the spindle at the time of record reproduction is 4491rpm. It is set up and the flying height of the head in the data storage area outermost periphery on the magnetic disk at this time is 0.05 micrometers. It is set up so that it may apply to the outermost periphery from the most inner circumference of a data storage area and the track recording density on each truck may become equal, and it sets to the outermost periphery, and record frequency is 67.5MHz. It is set up.

[0103] In the magnetic disk unit in this example, the track recording density of the data on each truck is set as 144kBPI(s) (kilo Bit Per Inch), track density is set as 5kTPI(s) (kiloTrack Per Inch), and field recording density is 720 megabits per 1 square inch. Four magnetic disks are used in this example, and the format capacity of equipment is 2.8. GIGABAITO and data transfer speed are 15 megabytes in 1 second. In addition, although data are recorded using 8/9 conversion, even if it records data using one to 7 conventional method, the equipment which has a performance equivalent to this example can consist of this examples. However, the record frequency in this case is set to 45MHz.

[0104] The specification of the magnetic storage constituted by this example is shown in Table 3.

[0105]  
[Table 3]

表 3

## 3.5インチ装置仕様

記憶容量(フォーマット時)	2.8 GB
ディスク枚数	4
データ面数	8
ヘッド数	8
トラック数/ディスク面	4427
最大線記録密度	144 kBPI
トラック密度	5 kTPI
回転数	4491 RPM
記録周波数	67.5 MHz
転送速度(to/from Media)	15 MB/sec

[0106] (Example 7) Next, the diameter of a disk is 2.5 inches, 1.8 inches, and 1.3. The result which constituted magnetic storage combining the magnetic head according the magnetic disk which is an inch to this invention is described. In addition, the magnetic head used by this example and the magnetic disk are the same as what was used in the example 6, the track recording density of the data on each truck is set as 144kBPI(s), and track density is set as 5kTPI(s). In addition, for the rotational frequency of a spindle, it sets in each diameter of a disk, and transfer rates are 15 MB/sec. It has set up so that it may become. Moreover, as the example 6 has described, even if it records data using one to 7 conventional method, each equipment which has a performance equivalent to this example can be constituted. However, the record frequency in this case is set to 45MHz. The specification of each equipment is described in Table 4 - 6.

[0107]

[Table 4]

表 4

## 2.5インチ装置仕様

記憶容量(フォーマット時)	1.8 GB
ディスク枚数	4
データ面数	8
ヘッド数	8
トラック数/ディスク面	2951
最大線記録密度	144 kBPI
トラック密度	5 kTPI
回転数	6736 RPM
記録周波数	67.5 MHz
転送速度(to/from Media)	15 MB/sec

[0108]

[Table 5]

表 5

## 1.8インチ装置仕様

記憶容量(フォーマット時)	1.4 GB
ディスク枚数	4
データ面数	8
ヘッド数	8
トラック数／ディスク面	2213
最大線記録密度	144 k BPI
トラック密度	5 k TPI
回転数	8982 RPM
記録周波数	67.5 MHz
転送速度(to/from Media)	15 MB/sec

[0109]

[Table 6]

表 6

## 1.3インチ装置仕様

記憶容量(フォーマット時)	0.9 GB
ディスク枚数	4
データ面数	8
ヘッド数	8
トラック数／ディスク面	1475
最大線記録密度	144 k BPI
トラック密度	5 k TPI
回転数	13473 RPM
記録周波数	67.5 MHz
転送速度(to/from Media)	15 MB/sec

[0110] (Example 8) Two kinds of induction-type thin film magnetic heads using the magnetic pole from which specific resistance rho, Thickness d, and relative permeability mu differ were produced, and the frequency dependence of each record magnetic field strength was measured using the electron ray tomography method. The relative permeability mu in the magnetic pole material of each head made as an experiment, magnetic pole thickness d, specific resistance rho, and a low frequency field 1MHz or less is as being shown in Table 7.

[0111] Head A uses for the magnetic pole the nickel-Fe alloy monolayer which has composition of a publication in the example 1 of 3 micrometers of thickness. Head B is 2.2 micrometers of thickness like an example 4. About an Fe-Co-nickel-Mo film, it is aluminum 2O3 of 0.1 micrometers of thickness. The magnetic pole which carried out the laminating through the interlayer is used. therefore, the total magnetic pole thickness of this head — 4.5 micrometers it is . In addition, for the 2O3/Fe-Co-nickel-Mo multilayer of Fe-Co-nickel-Mo/aluminum used here, the thickness of an Fe-Co-nickel-Mo film monostromatic is 2.7 micrometers. If it becomes above, the magnitude of attenuation of the magnetic field strength in the record frequency of 45MHz becomes [ reach to 10% or more, write in connection with record frequency, and ] the cause of change of the amount of bleeding, and an over-writing film and is not desirable. At this example, it is 2.2 micrometers about the thickness of a Fe-Co-nickel film monostromatic. It set up. As for one side and Head C, specific resistance uses [ thickness ] the Co-Ta-Zr amorphous monolayer of 90micromegacm for the lower magnetic film of a magnetic pole by 3 micrometers.

[0112]

[Table 7]

表 7

試作した薄膜磁  
気ヘッド諸元

ヘッド	材質	磁厚d(μm)	比抵抗ρ(μΩcm)	比透磁率μ		
				100	1000	10000
A	NiFe	3.0	16			
B	FeCoNiMo多層膜	2.2	16			
C	COTAZR	3.0	90			

[0113] The head efficiency eta was computed from the measurement result of the frequency dependence of the standardized record magnetic field strength. It hits, shell record magnetic field strength falls, and the intensity exceeding 10MHz in 100MHz is decreasing the head A which uses a nickel-Fe monolayer as a magnetic pole about 60% or less of the intensity in a low frequency field. On the other hand, although Head B is using the Fe-Co-nickel-Mo film equivalent to the NiFe film which permeability and specific resistance use for Head A, since it has multilayered through 2Oaluminum3 insulating layer, the eddy current loss is eased sharply. As for the magnitude of attenuation of the magnetic field strength in 100MHz, in the case of this head, about 20% and the frequency characteristic are improved. Moreover, also in 100MHz, as for Head C, the frequency characteristic which was excellent in the magnitude of attenuation of magnetic field strength with about 0 is obtained.

[0114] (Example 9) In this example, the upper part and the lower magnetic film were formed by the following processes.

[0115] The amount of nickel++: Set to the plating bath containing the usual stress relaxation agent and the surfactant, including 16.7 g/l and amount [ of Fe++ ]:2.4 g/l, and they are pH:3.0 and plating-current density:15 mA/cm<sup>2</sup>. The thin film magnetic head of the induction type which has - [ after carrying out frame plating on conditions ] lower magnetic core was produced. The width of recording track is 4.0 micrometers, and gap length is 0.4 micrometers. composition of this magnetic film -- 42.4 nickel-Fe (% of the weight) -- it is -- magnetic properties -- saturation magnetic flux density (BS) -- 1.64T and difficult shaft coercive force (HCH) -- 0.50e (s) -- specific resistance (rho) -- 48.1 micromegacm it was .

[0116] Perspective diagram and drawing 23 of drawing 22 of record / reproduction discrete-type thin film magnetic head are the plan of a recording head. It has the up magnetic core 320, the lower magnetic core 321 which served both as the up shield layer, and a coil 325, and the

recording head consists of these three. It has the electrode 324 for passing sense current for the magnetoresistance-effect type element 323 for reproduction, and the magnetoresistance-effect type element 323, and the lower shield layer 322, and has the composition of a slider 326. [0117] It carried in the magnetic disk unit which shows the thin film magnetic head of this induction type to an example 1, and the record performance was evaluated. For a medium, an outer diameter is 3.5. An inch and coercive force are 2500Oe(s). As for the performance (overwriting property) of the recording head by this invention evaluated by such composition, the outstanding record performance of about -50dB was obtained also in the RF field 40MHz or more.

[0118] (Example 10) The magnetic storage in this example uses the record reproduction separation head which used the magnetoresistance-effect type element (MR element) for reproduction for record shown in drawing 22 using the recording head of an induction type. In the up shield layer 81 which served as another record magnetic pole while forming the up magnetic film of the record magnetic pole of an inductive mold head as mentioned above, it is 2.2 micrometers about the thickness of a Fe-Co-nickel film monostromatic. The 203/Fe-Co-nickel multilayer of Fe-Co-nickel/aluminum carried out is used. In addition, aluminum 203 The width of recording track of 0.1 micrometers and a record magnetic pole set an interlayer's thickness to 3 micrometers. The nickel-Fe alloy whose thickness is 1 micrometer was used for the lower shield layer 82. The nickel-Fe alloy whose thickness is 15nm is used for the magnetoresistance-effect type element 86, and this is driven using a soft film bias method. In addition, the multilayer system huge magnetoresistance-effect element of the alloy system huge magnetoresistance-effect element [, such as the spin bulb type element which consists of an antiferromagnetism film of a nickel-Fe layer, Cu layer Co layer and an nickel-O system, a Fe-Mn system, or a Cr-Mn system instead of or Co-Ag, Co-Au, NiFe-Ag, Co-Cu, and Fe-Ag, ] or Co/Cr, Fe/Cr, Co/Cu, and NiFe/Cu system can also be used for the magnetoresistance-effect type element 86. [ a nickel-Fe alloy ]

[0119] The magnetic storage constituted by this example can attain the same specification as the above-mentioned table 2.

[0120]

[Effect of the Invention] According to this invention, also as opposed to a high coercive force medium, 15 or more MB/s of recording head media transfer rates sufficiently recordable also in a RF field is secured by the low cost frame galvanizing method by specific composition, and it is 4000rpm about the record frequency of 45MHz or more, and a magnetic disk. The high recording density magnetic storage fast transmission of data, shortening of the access time, and whose increase of storage capacity are attained is obtained by making it rotate at the above high speed.

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] The perspective diagram of a magnetic recording medium.
- [Drawing 2] The cross section of a magnetic recording medium.
- [Drawing 3] Front view of a magnetic recording medium.
- [Drawing 4] The plan of a magnetic recording medium.
- [Drawing 5] Assembly drawing of the magnetic head and means for supporting.
- [Drawing 6] Assembly drawing of the magnetic head and means for supporting.
- [Drawing 7] The perspective diagram of the slider with which the thin film magnetic head was prepared.
- [Drawing 8] The perspective diagram of the record reproduction discrete-type thin film magnetic head.
- [Drawing 9] The diagram showing the relation between frequency and over-writing.
- [Drawing 10] The diagram showing the relation between the diameter of crystal grain, and the coercive force in difficult shaft orientations.
- [Drawing 11] The cross section of the induction-type thin film magnetic head.
- [Drawing 12] The plan of the induction-type thin film magnetic head.
- [Drawing 13] The plan showing the film composition of the magnetoresistance-effect type thin film magnetic head.
- [Drawing 14] Drawing showing the film composition of a magnetoresistance-effect type head.
- [Drawing 15] Drawing showing the film composition of a magnetoresistance-effect type head.
- [Drawing 16] The diagram showing the relation between BS, and rho and HCH. [ the amount of nickel or (nickel/Fe) a ratio, and ]
- [Drawing 17] The diagram showing the relation between BS, and rho and HCH. [ the amount of Mo, and ]
- [Drawing 18] The diagram showing the relation between BS, and rho and HCH. [ the amount of Mo, and ]
- [Drawing 19] The diagram showing the relation between frequency and (1MHz of mu f/mu).
- [Drawing 20] The plan of the thin film magnetic head.
- [Drawing 21] The cross section of the thin film magnetic head.
- [Drawing 22] The perspective diagram of the record reproduction discrete-type thin film magnetic head.
- [Drawing 23] The plan of the induction-type thin film magnetic head.

[Description of Notations]

- 1 [ -- A pointing device, 25 / -- A slider, 80 / -- A base (slider) 81,321 / -- An up shield film, 82,322 / -- A lower shield film, 83,320 / -- An up magnetic film, 84 / -- A lower magnetic film, 85,324 / -- An electrode, 86,110,323 / -- A magnetoresistance-effect film, 87,222,325 / -- A coil, 88,221 / -- A magnetic gap, 89 / -- An insulator, 90 / -- Back gap. ] -- A magnetic disk, 2 -- thin film magnetic head, 3 -- Gimbal

---

[Translation done.]